公開版

# 技術ナビゲーション2017

2017年　4月　19日

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会

技術企画部会

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 【目 次】

◆ 「技術ナビゲーション2017」に寄せて　～実ビジネスが見えてきたIoT～ ・・・・・・・・・・ 2

1.「技術ナビゲーション2017」の全体像 ・・・・・・・・・・

# 技術ナビゲーションに寄せて　～実ビジネスが見えてきたIoT～

一般社団法人　情報通信ネットワーク産業協会
常務理事　今井　正道

本年の「技術ナビゲーション2017」は、CIAJ技術企画部会委員各位の多大なご尽力により、昨年の技術ナビゲーションからさらに進化し、技術やデータの結びつきがもたらす「高度化IoT」の重要性を分析しています。さらには、高度化IoTに向けたオープンイノベーションの場としてCIAJを活用すべきとの提言も加えていただき、従来にも増して濃い内容の技術ナビゲーションに仕上がっていると考えています。

一方で、2017年1月にアメリカで開催されたCES2017（Consumer Electronics Show）において、意外な現象が気になりました。CESは幕張メッセの数倍の展示面積と18万人の来場者を誇る世界最大の展示会の一つです。気になった現象とは、AI、AR/VR、ウェアラブル、スマートホーム、スマートシティ、自動運転、ドローン、ヘルスケアなどが満載の展示会で「IoT」という展示や表示が全く見当たらないという点です。ところが、帰国後に目にした日本の新聞や雑誌での報道は、「今年のCESではIoTが花盛りであった」的な表現の記事が多くあり、若干の違和感を覚えました。恐らく「IoT」がキーワードになっている日本において、読者に分かり易く伝えようと「翻訳」した結果の記事ではないかと勝手に推測していました。3月になって、CIAJで開催した、在米ジャーナリストを招いての研究会において、資料中20ページ以上のCES報告部分も、やはり「IoT」レスになっており、現場での感覚は間違ってなかったと思った次第です。

このことは何を意味するのでしょうか。「IoT」という言葉が消えたのはアメリカの展示会だけの話であって、IoTの概念が無くなったわけではもちろんありません。むしろ、アメリカでは現実のIoTビジネスが具体的かつ急速に進展しつつあり、定義が曖昧なIoTという言葉が、現実的なアメリカ人気質と相まって、来場者受けしなくなり使われにくくなったということだと考えています。そして、一歩先を行くアメリカの状況は、いずれ日本も近い将来そのような状況になることを意味していると考えています。

会員各社、CIAJの各部会、委員会等におかれましては、このようなことも脳裏に浮かべながらこの「技術ナビゲーション2017」を大いに活用していただけることを祈念し、寄せる言葉とさせて頂きます。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# １．「技術ナビゲーション2017」の全体像

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 1.1 「技術ナビゲーション2017」の策定経緯

CIAJ技術企画部会では、CIAJの会員企業及び我が国のICT産業全体の振興を目指して、近未来の視点からICTの技術・市場動向を俯瞰し、CIAJ技術系委員会が担うべき役割や活動領域への考察を進めております。
その活動成果は、2011年度から技術マップ報告書として公開を開始し、2014年度からは「技術ナビゲーション」と名称を変更し、内容の充実に努めてきました。

近年ICT分野では技術革新が指数関数的に速度を速めており、毎年様々な技術キーワードが出現します。技術ナビゲーションとは、技術マップの単なる名称変更ではなく、「技術キーワードに踊らされることなく、そこに伏流するものを俯瞰し、CIAJの羅針盤として道筋を描く思考の素材となる」想いを込めたものです。

これまでの技術ナビゲーションの重点テーマと、策定のポイントは以下のとおりです。

| 技術ナビゲーション | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|
| 重点テーマ | SDN/クラウド/M2M | 東京オリンピック・パラリンピック | IoT/CPS |
| 策定のポイント | 技術マップ2012報告書が抽出した三つのキーワード（SDN/クラウド/M2M）が影響を及ぼす社会構造変革、産業界へのインパクト、適用領域、展開見通しとCIAJの取組スタンスを検討。 | 情報通信分野と業際分野に密接に関係するキーワードを抽出し、サービス・システム・要素技術で分類。東京オリパラに関係するICTの市場・技術動向を整理。 | 昨年度からの変化を織り込んでICTのキーワードを抽出・分類。①技術の適用領域との相関分析、②技術の重要性と官民連携の必要性調査、③2020年までを将来予測。 |
| 策定年度 | 2013年度 | 2014年度 | 2015年度 |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 1.2 「技術ナビゲーション2017」の策定ポイント

昨年度の技術ナビゲーション2016ではIoT/CPSを重点テーマとして、入出力（センサー、HMI）、通信（コミュニケーション、ネットワーク）、情報処理（IT、コンピューティング）、メカトロニクス・エネルギーの各分野にどのようなテクノロジーが適用されているかを調査、分析しました。

その結果、IoT分野には膨大な要素技術が存在するものの、それらは単体利用で生まれる価値はそれ程は大きく無く、異なる技術やデータが結びつくことで、全く新たな価値や驚くようなイノベーションが生まれるということを強く認識するに至りました。

このため、今年度策定する技術ナビゲーション2017では重点テーマを「高度化IoTシステム」と定め、高度化IoTシステムがもたらす社会・経済システムの革新を明らかにすることを念頭に、技術ナビゲーション2017の策定を進めることになりました。

【高度化IoTシステムの着眼点】

- 先進諸国ではインターネットとモバイル・ブロードバンドの拡充や、スマートフォンやSNSの広がりなどが成熟化。IoTが依拠する技術・社会インフラとして、また新たなイノベーションを生むための強固な基盤として機能し始めている。
- 高度化IoTシステムとは、センサーや通信モジュールを産業機器などに取り付け、監視・制御することに留まらない。シェアリング・エコノミーの広がりが示すように、部屋やサービス、場所など全てがデジタルデータ化され、クラウド基盤上のモノ（商品）として高度に結びつき、流通される姿を想定。
- 高度化IoTシステム上では、インターネット以後に創業されたAfter Internet型の新規企業が多く出現しており、20世紀型の競争戦略や取引コスト理論とは異なる経済原理が広がっている。
- この基盤上で新たなビジネスモデルを創造し、経済化させるためにIoTプラットフォームが成功の鍵を握る。
- このような社会、産業の構造変化を踏まえた上で、高度化IoTに関係する通信インフラ、人工知能、セキュリティ、プラットフォームなどの技術動向を調査し、CIAJと会員企業が留意すべき課題の提言を試みる。

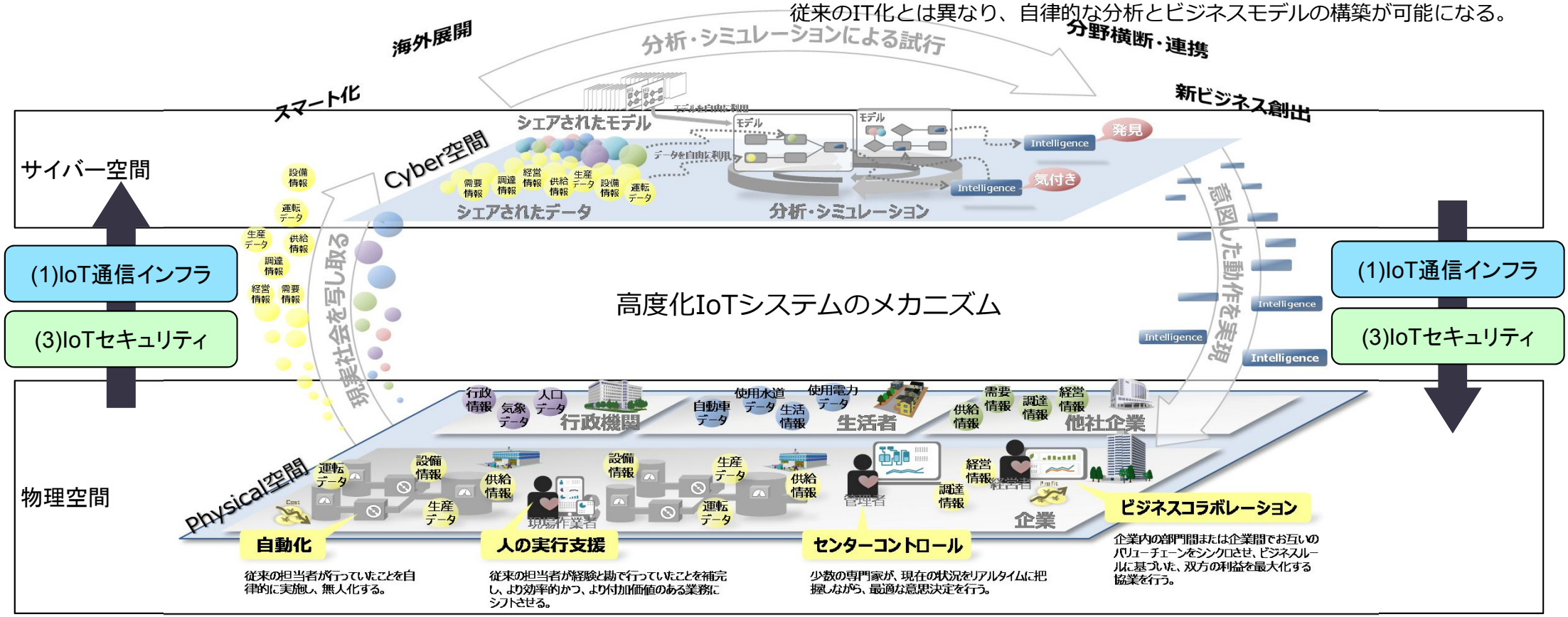
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 1.3 高度化IoTシステムの全体像と調査項目の関係

- IoT/CPSは、物理空間とサイバー空間のデータ・情報・制御のフィードバックループを実現する
- そのためのコア技術が(1)IoT通信インフラ、(2)人工知能とビッグデータ分析、(3)IoTセキュリティと、(4)IoTプラットフォームとなる

(1)IoT通信インフラ
(3)IoTセキュリティ
(2)人工知能とビッグデータ分析
(4)IoTプラットフォーム

物理システムの論理構造をサイバー空間にマッピングすることで
従来のIT化とは異なり、自律的な分析とビジネスモデルの構築が可能になる。




出典：経済産業省「社会インフラ分野でのIoT活用のための基盤整備プロジェクト」水道CPS/IoT検討委員会資料にCIAJ加筆

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 1.4 技術調査内容と方法

目的
　将来的な高度化されたIoTシステムの実現に必要な技術の最新動向を調査し、社会・経済に与える影響を分析・考察する。

| | 調査項目 | 主な調査内容 | 調査方法 |
|---|---|---|---|
| (1) | IoT通信インフラ | ● IoT 向け通信プロトコル(SIGFOX、LoRa、NB-IoT、5G携帯等)の技術動向<br>● IoT 向けネットワーク構成技術（エッジ・コンピューティング等）の技術動向 | 文献、Web情報をもとに、IoT通信インフラの動向を俯瞰的に整理する。 |
| (2) | 人工知能とビッグデータ分析 | ● Deep Learningの技術動向<br>● その他人工知能に関する最新技術動向<br>● ビッグデータ分析アルゴリズム/手法等の技術動向 | 文献、WEB情報をもとに、ＡＩ，ビッグデータ分析に関する最新技術の特徴と用途について俯瞰的に整理する。 |
| (3) | IoTセキュリティ | ● IoTにおけるサイバーセキュリティの技術動向 | 文献、WEB情報をもとに、IoTの進展による脅威の変化、対策技術の動向を俯瞰的に整理する。 |
| (4) | IoTプラットフォーム | ● IoTプラットフォームの動向および構成の整理 | IoTプラットフォームの動向をまとめ、これらをベースとする新しい経済システムの議論を整理する。 |
| (5) | トレンド分析 | ● IoTシステムの今後の方向性をまとめる。 | (1)～(4)に結果を踏まえ、IoT事業推進に向け取組むべき方向性を示す。 |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 2. 高度化IoT実現のための技術調査

## 2.1 IoT通信インフラ

IoT通信インフラに関する最新の動向として、IoT 向け通信プロトコ(SIGFOX、LoRa、NB-IoT、5G携帯等)、IoT 向けネットワーク構成技術（エッジ・コンピューティング等）の技術動向についてまとめる。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 新しいIoT通信プロトコルの特徴比較（全体俯瞰）

LPWAN

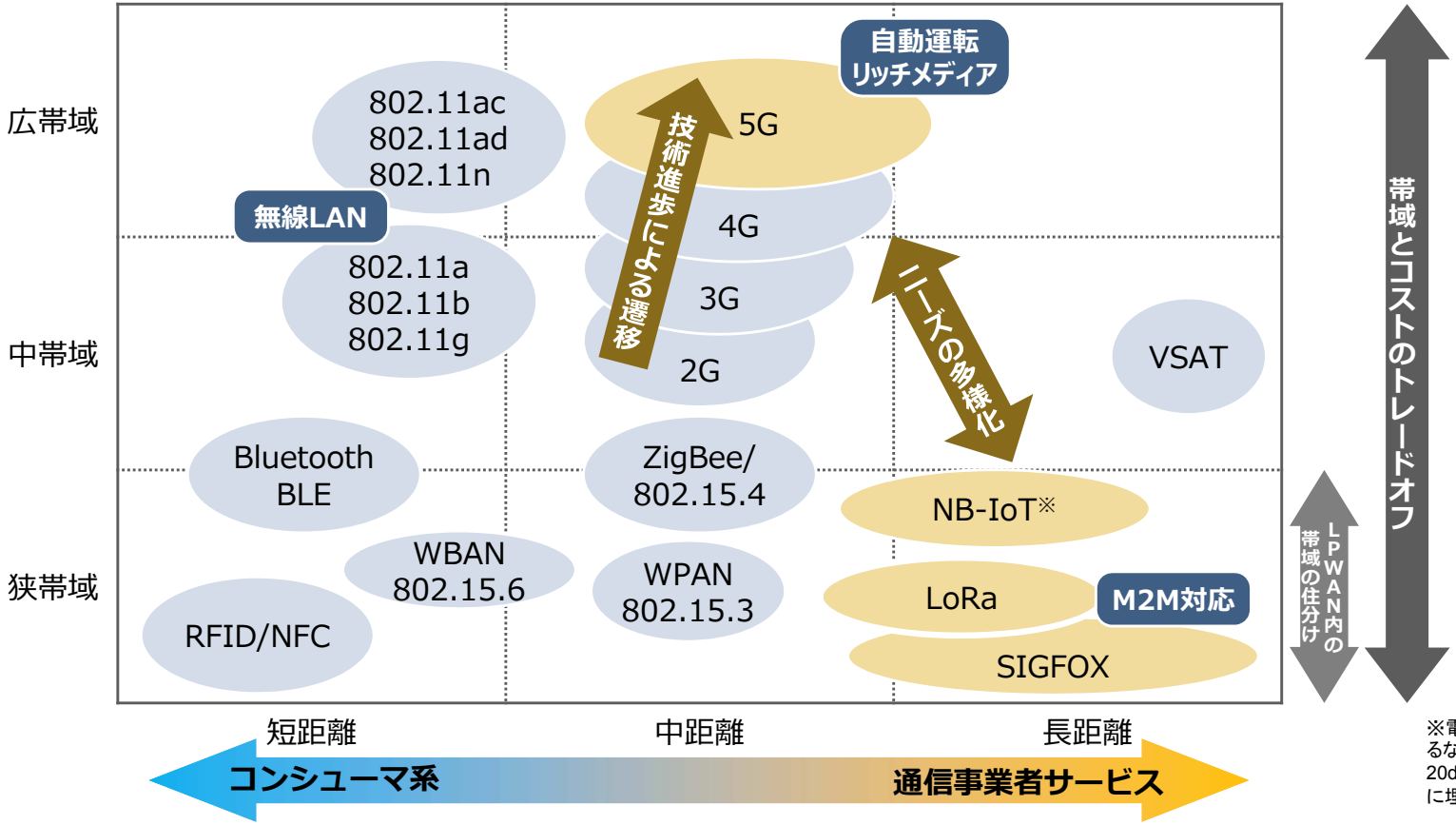
| | SIGFOX | LoRa | NB-IoT | 5G |
|---|---|---|---|---|
| 主体 | SIGFOX社 | LoRa Alliance | 3GPP | 3GPP, ITU-R |
| 開始時期 | 2012年 | 最新規格：v1.0、2015年7月公開 | Huaweiが2016年末までに商用展開 | 2020年の実用化を目指し標準化 |
| 普及状況 | 2016年7月800万回線 | — | — | — |
| 免許 | アンライセンス・バンド（免許不要） | | ライセンス・バンド（免許必要） | |
| 通信距離 | 30～50km (都市部以外),<br>3～10km (都市部) | 2~5km（都市部）、15km（郊外） | 最大20km | – |
| 帯域 | 0.01～1.0kbps | 0.25~50kbps | 上り：62 kbps 下り：26 kbps | 最大20Gbps |
| 電力 | 携帯電話1/10程度(10mA以下） | 送信時18mA、待機時0,001mA | 10年超のバッテリー寿命を実現可能 | 第4世代の100分の1 |
| 主な用途<br>想定市場 | スマートメータ、患者モニタ、セキュリティデバイスなど狭帯域用途 | スマートシティ（街灯、駐車業、交通センサ）、エネルギ管理（電力・水道。ガスのスマートメータ）、産業・商業・ホームオートメーション（HVAC制御、スマートアプライアンス、セキュリティシステム、照明） | スマートメーター、ウェアラブルデバイス、スマート家電など様々なIoTデバイス、特に小型センサーや機器で利用可能。 | 移動機の通信の高速化に加え、車間 (V2V) 通信、車・インフラ間 (V2I) 通信、M2Mネットワークなど |
| 回線料金 | 50,000回線以上のバルク契約で、最安1ドル/年(SIGFOX社)。スペイン全域をカバーするのに要した期間は12ヶ月。 | 31～180円/月(SKテレコム)<br>ソラコムがMVNOとしてAirSIMを提供。基本料金1枚10円/日、データ通信量は0.2円/1MB。[2] | 未定 | 未定 |
| デバイス価格 | 2ドル以下のチップとSIGFOXのファームウェアをデバイス搭載。 | Microchip社が開発した通信モジュールの価格が約14ドル[3] | 通信モジュールの価格が5ドル以下[4] | 未定 |
| 通信事業者 | SIGFOX[1](地域：フランス、スペイン、米国）、テレフォニカ、ドイツテレコム、SKテレコム、（NTTドコモ） | Senet、仏ブイグ・テレコム、仏Orange、Swisscom、Proximus、SKテレコム、ソラコム | Huawei (中国), AT&T (米国), ボーダフォン (英国) | NTTドコモ、KDDI、ソフトバンク (日本、想定)、<br>KT、SKテレコム(韓国、想定) |
| IoTパートナー | C2M, INTESENS, OptimDataなどのIoTプラットフォーマや、セキュリティ企業Securitas、Grope HBF等と提携する | セムテック、IBM,、ZTE、シスコ、仏ブイグ・テレコム、仏Orange、蘭KPN、Microchip | エリクソン、Huawei、インテル、ボーダフォン、中国移動、KDDI<br>Huawei NB-IoT Forum設立 | – |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoT向け無線通信機器の今後の市場の方向性

- M2Mのうち狭帯域・低コストのニーズに対応するLPWAN通信と、リッチメディア系の広帯域ニーズに対応した通信へと規格は多様化
- 帯域、コスト（通信、デバイス）、消費電力の要求のうち、優先度の高いものを基準に、他の要求の高いものが生き残る
- 低消費電力のニーズは、LPWAN, 広帯域サービスの双方において高い
- LPWANでは、アンライセンスISMバンドとライセンスバンドの競争状態。 デジュール化が進むか。




※電波のブースト、信号を繰り返し送信するなどの技術により、通常のLTEよりも20dB程度改善し、電波が届きやすく地下に埋め込んだ機器でも電波が届きやすい。

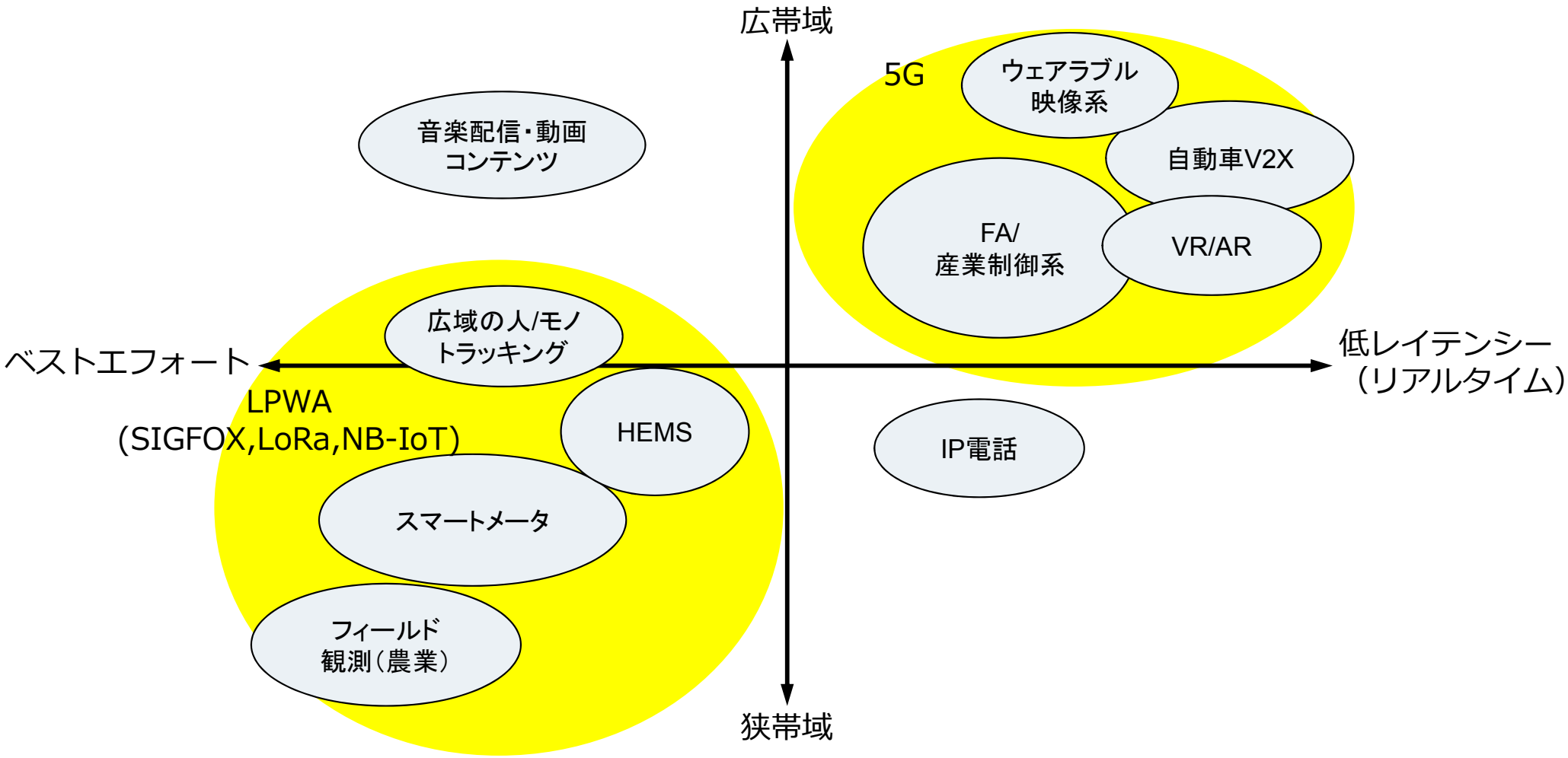
（出所）LPWAN Technologies for Internet of Things（IoT）and M2M Scenariosを元に三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoT向け通信プロトコルの応用領域の方向性

- 広帯域・低レイテンシーを活かしたリアルタイム・リッチメディア用途　→　5G
- 狭帯域・ベストエフォートで、低コスト性・低電力の制約条件を満たした新たな用途
  →LPWA(SIGFOX,LoRa,NB-IoT)



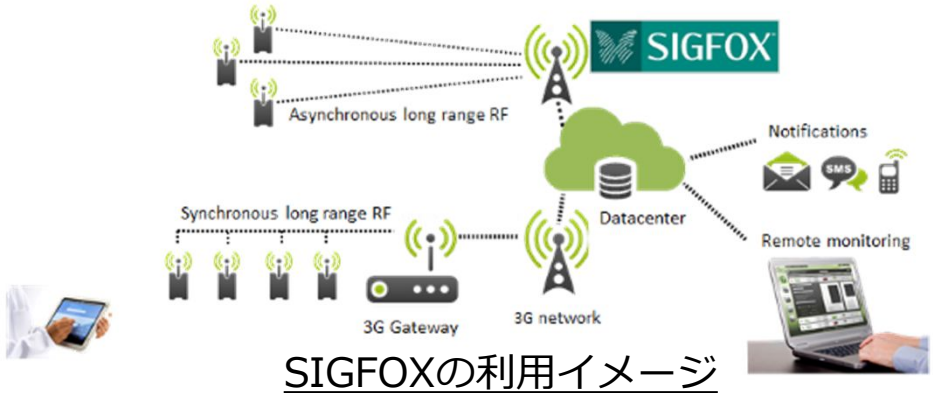

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# SIGFOX ～WiFiとセルラー通信の間のニーズを満たす通信技術～

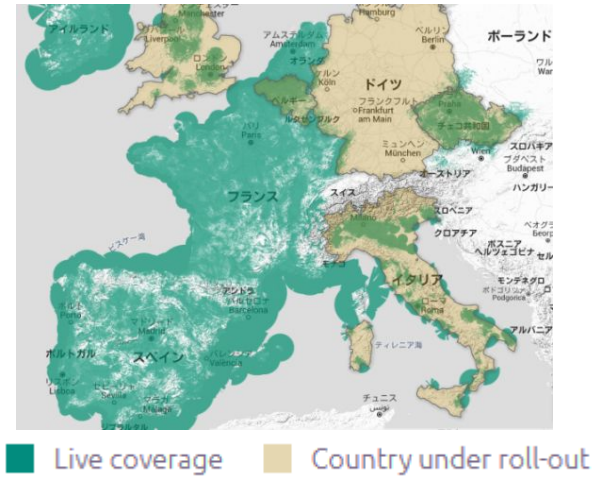
- WiFiとセルラー通信の間の距離の通信で、超狭帯域、低消費電力、低コスト化を実現するM2Mアプリケーションに向けて開発された。
- 既に数万のデバイスに利用され、現在そのネットワークはイギリスの10都市を含むヨーロッパの主要な都市に展開されている（ヨーロッパで200万平方kmをカバー）。
- スマートメータや患者モニタ、セキュリティデバイス、街灯、環境センサなどを含むさまざまな種類のM2Mアプリケーションに活用されることが期待される。

| 規格・技術 | SIGFOX |
|---|---|
| 策定主体 | SIGFOX社 |
| 通信範囲 | 30～50km (都市部以外), 3～10km (都市部) |
| 帯域 | 10～1000bps |
| 電力 | 携帯電話1/10程度 |
| NWレイヤ | L1-L2 |
| 特徴（メリット・デメリット） | 低消費電力、低コスト、汎用性が高い。超狭帯域であるため用途は制限される。ネットワークは頑健で、高効率、スケーラブルであり、数平方キロにまたがる何百万のバッテリ駆動のデバイスと通信可能。 |
| 用途 | スマートメータ、患者モニタ、セキュリティデバイス、パーキングメーター、火災報知器、農地の湿度センサーなど狭帯域用途に適する。 |
| 将来性 | 機器の死活監視、データ量が少ないバイタルデータの通信など、これまでコスト的に採算が取れていない分野に拡大が予想される。 |




SIGFOXの利用イメージ

待ち受け受信を省略することで低消費電力、低コストを実現




SIGFOXのカバー地域

（出所）SIGFOXホームページ

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# SIGFOXによる新しい応用事例

- 長距離通信のメリットを生かし、局地、電波不感地帯などにおいて、迅速、機動的にネットワークを構築し、位置トラッキング、環境モニタリングを行う。

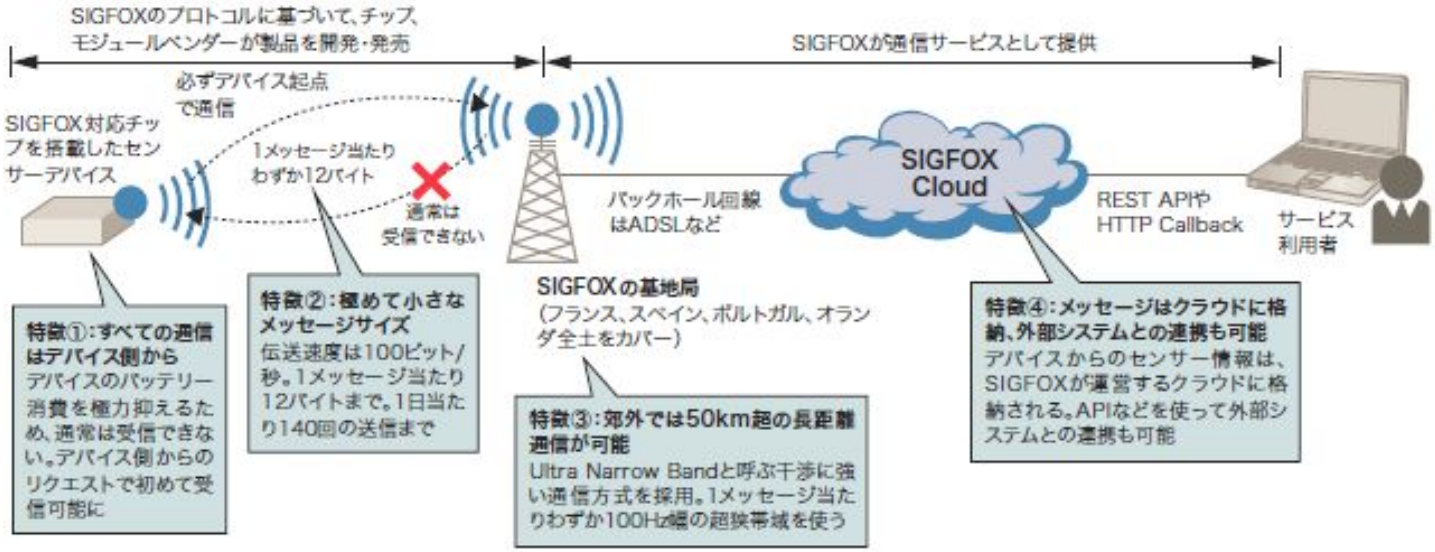
| 応用名 | 概要 | 影響・効果 | 課題 | 見通し |
|---|---|---|---|---|
| 南極での研究員位置トラッキング | 南極プリンセス・エリザベス基地において、気候変動に関わる研究者の位置トラッキング、氷に取り付けられたセンサーによるデータ収集 | 長距離通信のメリットを生かし、低コスト、短期に観測ネットワークを構築できる。3基地局で、各局100～200マイルをカバー。 | 局地での耐久性の実証が必要と予想（本調査） | 局地での研究を機動的に行うために有効（本調査） |
| 漁師の非常時通信による安全確保 | インドネシアの漁師の安全確保に向けて、沖に出る漁師らの状況をボタンひとつで伝達するデバイスを開発中。 | 漁師らは沖に出ると状況を伝達する手段が少ない。非常時の通信手段として役立つ。 | なし | GPSとの組み合わせにより高度化が期待される。 |
| ホームセキュリティ | スウェーデンの大手警備会社Securitasが、ホームセキュリティ用の監視機器をSIGFOXのネットワークに接続している。 | 膨大な数の住宅に対して監視用通信を実現し、バルクでの回線取得、サービス提供による利益を確保できる。 | ネットワークの構築 | 欧州から先行して利用が増えると考えられる。 |
| スマートメータ（計画） | スマートメーターのための通信サービスを提供する。Glen CanyonがSIGFOXと提携。 | 電力の需要と供給に応じて経済的に電力利用が可能となる。 | 最適化のロジックや電力事業者との提携が必要。 | サービス開始予定 |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# SIGFOXコスト構造

- 回線数に応じて契約料金は異なり、50,000回線以上のバルク契約で、1回線あたり1ドル/年※1。(農業など大規模用途に向く)
- IoTデバイスに対しては、約1.5ドルのモデムチップと、ファームウェアを導入する。
- 通信距離は郊外で50kmと長く、少ない基地局で広い地域をカバーできる（フランス全土をカバーするのに1200局。カリフォルニア州全域をカバーするのに従来のモバイルネットワークで約20,000、SIGFOXであれば1,500で済む(13分の１以下)。）
- １日140回送信までデバイス側から発信のみ。メッセージサイズ12バイト。ハンドシェイク、ハンドオーバーなどのプロトコルを省略して広域でスパースな情報収集用途に最適化、低コスト化している。




SIGFOXのネットワーク構成と特徴

（出典）日経コミュニケーション201604

- 欧州を中心に14カ国800万回線以上(2016/4)。2016年末までに36ヶ国に展開予定
- フランス国内はSIGFOX自身が運用。フランス国外は、パートナーのSIGFOX Network Operator(SNO)が運用
- チップから送信された情報は、各国のローカル基地局を経由して共通のプラットフォーム SIGFOX Cloudに集約される。

※1　Shankland, Stephen. “Sigfox’s Internet of Things network heads to Denmark, too”. CNet. CNet. Retrieved 10 June 2015

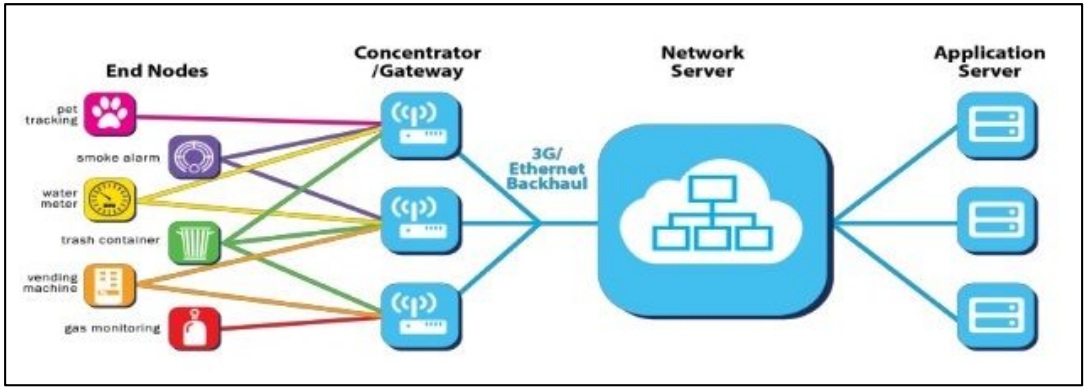
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# LoRa～ 10年を超えるバッテリ寿命と10マイルを超える通信距離の実現～

- IoT、M2Mに向けた低データレートの無線通信規格で、サブギガ帯域の次世代無線技術の中でも、省電力で長距離伝送可能な通信方式として注目されている。
- 免許不要帯域を利用することや仕様がオープンであることから、マーケットでは有望視されている。
- 欧州や米国を中心に、LoRaWANを展開する通信事業者（フランスのオレンジ、オランダKPNなど）が続々と登場している。LoRaは、LPWAプロトコルのうち、日本での導入が早く、ソラコムなどにより提供される。

| 規格・技術 | LoRa |
|---|---|
| 策定主体[1] | LoRa Alliance（最新規格：v1.0、2015年7月公開） |
| 通信範囲[2] | 2~5km（都市部）、15km（郊外） |
| 帯域[2] | 0.3~50kbps |
| 周波数帯域[3] | 920MHz帯域（サブギガ帯） |
| 電力[3] | 送信時18mA、待機時0,001mA |
| 特徴（メリット・デメリット） | サブギガ帯を利用した長距離・低速・低消費電力通信。免許不要帯の利用と仕様がオープンであることが最大の特徴。特に電池で動作するIoT製品向けの規格。 |
| 用途[4] | スマートシティ（街灯、駐車業、交通センサ）、エネルギ管理（電力・水道。ガスのスマートメータ）、産業・商業・ホームオートメーション（HVAC制御、スマートアプライアンス、セキュリティシステム、照明） |
| 将来性 | 誰もが技術を活用してサービスを提供できるモデルであるため、自社だけで利用するプライベートネットワークの構築などへの活用が見込まれる。 |




LoRaWAN ネットワークアーキテクチャ[7]

LoRaWANを展開している事業者とエリア[7]

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# LoRaによる新しい応用事例

- 省電力のメリットを生かし、長期間、バッテリーメンテナンスの不要なインフラ監視などが特徴的

| 応用名 | 概要 | 影響・効果 | 課題 | 見通し |
|---|---|---|---|---|
| 電波不感地帯でのインフラモニタリング ※1※2※3 | 九州通信ネットワークによる取り組み。光ファイバや3G/LTEが届かない電波不感地帯において、橋梁のひび割れや傾きなどをセンサーで計測するモニタリングシステムを構築（検討段階） | 山間部の高千穂市の下田原大橋でフィールド試験を実行。見通しのよい山と山の間で通信したところ、約5.8kmまで届くことがわかった。 | 機器の設置場所（エリア設計）が重要である。移動しながらの通信は困難。 | LoRaの特徴である省電力で遠くまで届くという点は実証することができた。エリア設計の仕様が整えば実用が促進されると予想（本調査） |
| 自動販売機などのマーケティングデータ収集への活用 ※1※2※3 | サントリーシステムテクノロジーによる取り組み。LoRaを用いて自動販売機の売り上げ—データを取得することを考えている（検討段階） | 秋葉原中心の都市部において,LoRaの電波距離を測定。（具体的な距離は不明） | 建物の中は届きにくい。 | データ送信先の建物の外に中継地点を設置し、中継地点から建物内に対して別の通信規格を用いてデータを送信することで課題を解決できると予想（本調査） |
| 酪農における牛の動きのトラッキング ※1※2※3 | 酪農ITベンチャーであるファームノートによる取り組み。牛にGPSとLoRaモジュールを取り付け、放牧中の牛の動きをトラッキングする。 | 十勝しんむら牧場において約2kmの範囲をカバーし、牛の動きを地図にマップすることができた。 | 位置情報だけでなく牛のく活動情報や状態を取得することが課題であると予想（本調査） | 長距離伝送が可能なLoRaを利用することで牧場全域をカバーすることが可能。酪農のIT化が促進されると予想（本調査） |


情報源

※１　ASCII.jp×TECH, “IoT時代のラストワンマイルを担うLoRaWANの実力とは？”, http://ascii.jp/elem/000/001/197/1197315/

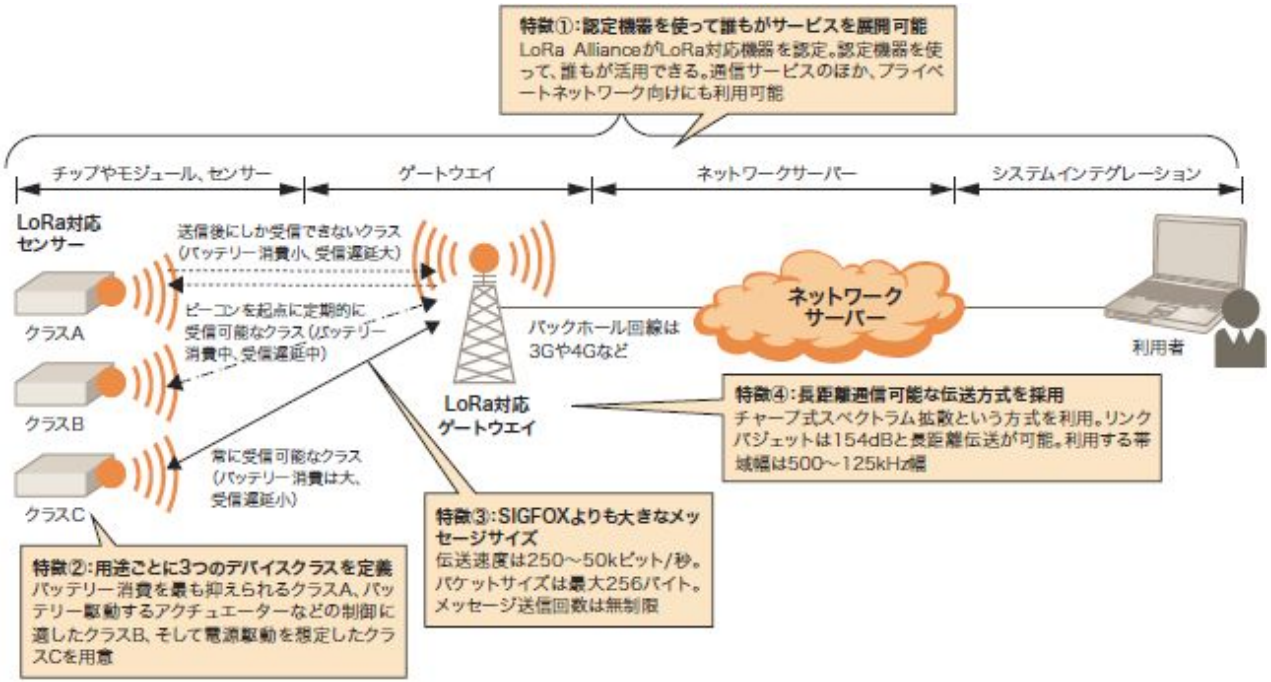
※2　株式会社SORACOM, https://soracom.jp/press/2016071302/

※3　SoRACOM Conference 2016 “Discovery” レポート, http://dev.classmethod.jp/soracom/soracom-conference-2016-discovery-reports-a5-soracomxlorawan/


Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# LoRaコスト構造

- SKテレコムによるサービスは、31～180円/月(下記)。Microchip社が開発した通信モジュールは約14ドル。
- 基地局に相当するLoRaゲートウエイを購入者が設置。半径数キロメートルをエリア化。SIGFOXと異なりLoRa Allianceで認定された機器を使って誰もが自由にサービスを展開できる。
- NTT 西日本も2016 年6 月末からLoRaWANを使ったLPWAのフィールドトライアルを開始した。
- ソラコムは、資本業務提携した新興事業者、M2Bコミュニケーションズと共同で2016/7/13からLoRaWANの実証実験キット「SORACOM LoRaWANPoCキット」の販売を開始した。




SKテレコム
サービス料金

| プラン名 | 月間データ容量 | 月額料金（1韓国ウォン＝0.0910円で換算） | 適用サービス例 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| Band IoT 35 | 100Kバイト | 350韓国ウォン（31.85円） | センサー類の計測 | ・2年契約の場合は5%割引、5年契約の場合は20%割引<br>・500回線契約の場合は2%割引、1万回線の場合は10%割引 |
| Band IoT 50 | 500Kバイト | 500韓国ウォン（45.40円） | | |
| Band IoT 70 | 3Mバイト | 700韓国ウォン（63.70円） | 人やモノのトラッキング | |
| Band IoT 100 | 10Mバイト | 1000韓国ウォン（91.00円） | | |
| Band IoT 150 | 50Mバイト | 1500韓国ウォン（136.50円） | 遠隔コントロール | |
| Band IoT 200 | 100Mバイト | 2000韓国ウォン（182.00円） | | |

（出所）日経コミュニケーション

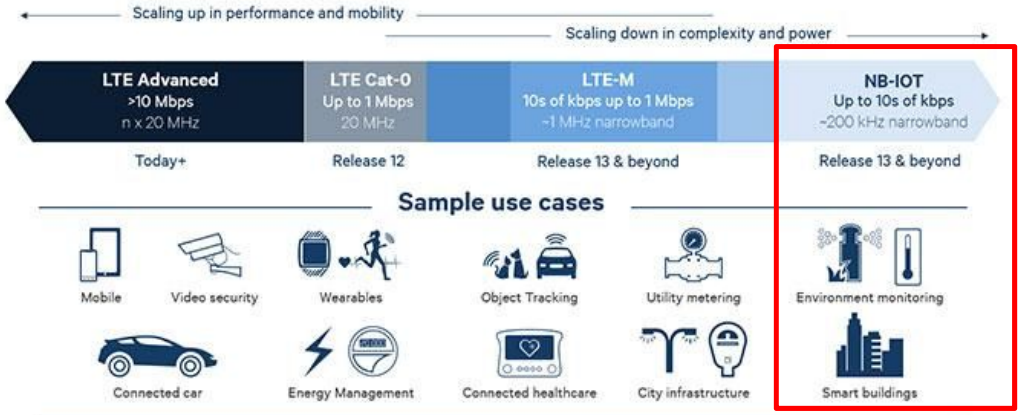
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

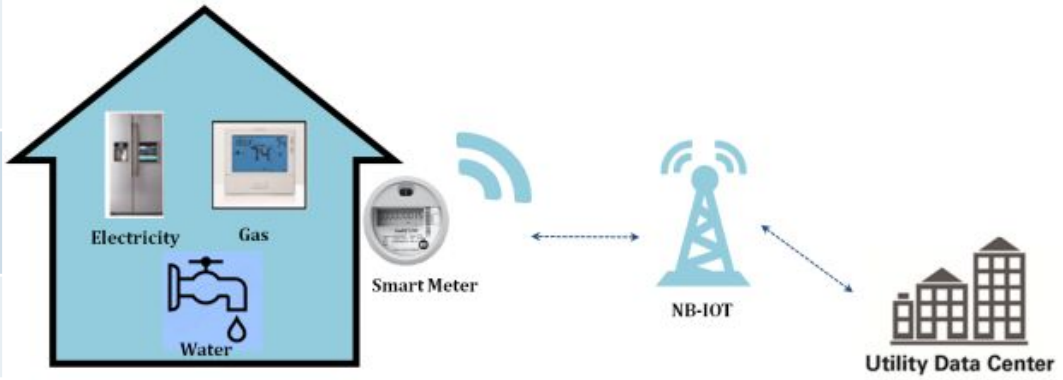
# NB-IoT (Narrow Band IoT) ～IoT向けのLTE拡張規格～

- 狭帯域・低消費電力な通信を行うためのLTEの拡張規格。既存のLTE基地局のアップデートで利用可能。
- 電波のブースト、信号を繰り返し送信するなどの技術により、通常のLTEよりも20dB程度改善し、電波が届きやすく地下に埋め込んだ機器でも電波が届きやすい。
- 使用する帯域が狭いため、LTEのカバーバンドやGMSの周波数帯を利用可能

| 規格・技術 | NB-IoT |
|---|---|
| 策定主体 | 3GPP (アメリカ・欧州・日本・韓国など) |
| 通信範囲 | 通常のLTEの4倍の通信距離（最大20km) |
| 帯域 | 上り：62 kbps　下り：26 kbps |
| 周波数帯域 | 200 kHz |
| 電力 | 10年超のバッテリー寿命を実現可能 |
| 特徴（メリット・デメリット） | LTEの拡張規格であるため、既存のLTE網との相性が良く、LTEで使われている周波数帯域の一部を利用したり、ガードバンドを利用することも可能。また、既存のLTE基地局のソフトウェアアップデートで利用可能になる製品もある。ライセンスバンドを使用するため通信事業者と親和性が高く、普及が見込まれるが、やや高コスト。 |
| 用途 | スマートメーター、ウェアラブルデバイス、スマート家電など様々なIoTデバイス、特に小型センサーや機器で利用可能。 |
| 将来性 | 国内の通信キャリアであるKDDIが技術検証を行うなど、国内で利用される可能性が高い。 |
| 実用化時期 | Huaweiが2016年末までに大規模商用展開の予定 |




LTEの通信速度ごとの規格と利用例 (Qualcommホームページ)
必要とする帯域によってさまざまな規格が用意される。




NB-IoTの利用例 (Huaweiホームページ)
スマートメーターでは、ガスや電力、水道の使用量をネットワーク経由で測定可能

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# NB-IoTの新しい応用事例

- 移動通信事業者によるサービスが予想され、安定したサービス提供に採用されることが想定される。

| 応用名 | 概要 | 影響・効果 | 課題 | 見通し |
|---|---|---|---|---|
| スマートバイク位置検知※1 | 自転車にチップを埋め込むことで自転車の位置を確認でき、盗難対策等に利用 | レンタルサイクル(稼働数24,000台)、レンタカーなどの可能性があり端末台数規模が大きいと予想(本調査) | 個人向けでは費用対効果で実現性は不透明（本調査） | コミュニティサイクルでLTEの試行があり、経済性から実現性は高い（本調査） |
| スマートパーキング※1 | 駐車場にセンサーを設置し、空き状況をサーバーに送信する。利用者は空き状況をスマートフォンで確認可能 | ドライバーが駐車スペースを探し回ることが都市部の交通渋滞の原因の3割を占める。これを解消できる可能性がある。 | スマートパーキングの導入によって渋滞がどの程度解消できるかが不明 (本調査) | Huaweiなどが上海にて展開を行っている。※2 |
| スマートごみ箱※1 | ゴミ箱にセンサーを設置し、ゴミの溜まり具合を収集することで、収集ルートの効率化が可能 | ジョージタウン大学では20個のスマートごみ箱を導入し、年間1,560時間の労働時間を削減 ※3 | 環境によって効果に差が出てコスト削減に貢献できるか不明 (本調査) | NSWが製品化を行っている。 |

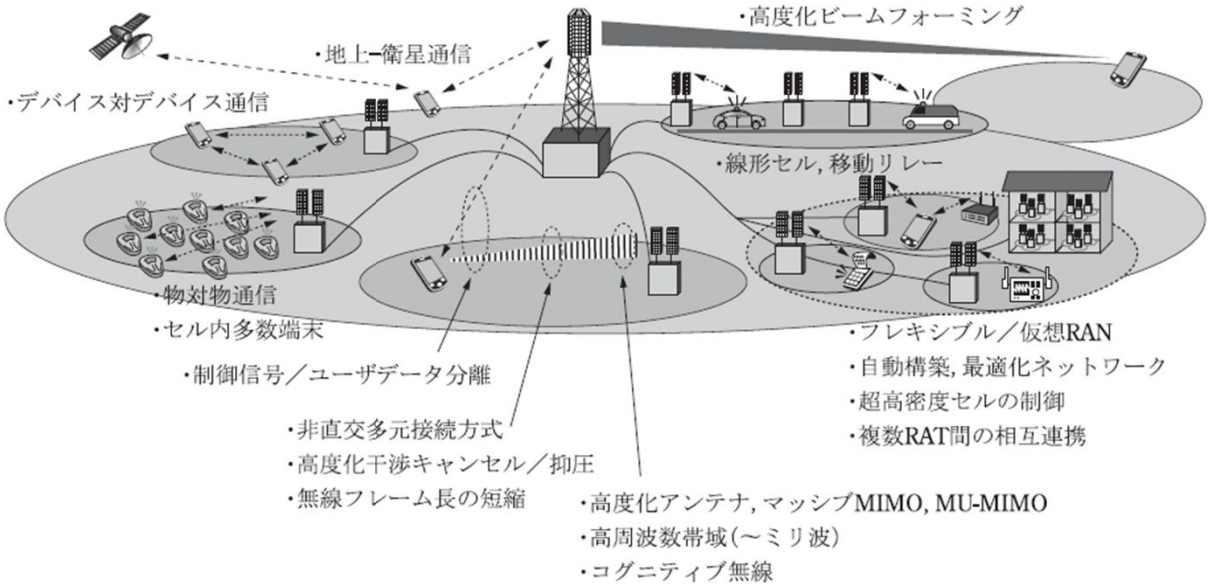
情報源
※1　NB-IOT, Huawei　http://www.huawei.com/minisite/4-5g/img/NB-IOT.pdf
※2　ファーウェイ、チャイナ・ユニコム上海と共同でNB-IoTベースのスマート・パーキング・ソリューションを発表
http://www.huawei.com/jp/news/jp/2016/HWJP20160706y
※3　クリーンで地球に優しいゴミ箱 BigBelly Solar - NSWクラウドサービス | NSW　http://www.nsw-cloud.jp/cloud/service/m2m/bigbellysolar/

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 5G (第5世代移動通信システム)

- 従来の4G・LTEで使用している周波数帯に加え、6GHz以上の高周波数帯を使用することで最大20Gbpsの広帯域通信、遅延1ms以下の低遅延通信を実現する。
- 従来の移動機通信の高速化に加え、高信頼性を活かした車間・路車間通信(V2X)への活用や、多様なデバイスでの利用が期待される。
- 4Gを補完する次世代通信規格として、2020年の実用化を目指し標準化が進んでいる。

| 規格・技術 | 5G |
|---|---|
| 標準化団体 | 3GPP, ITU-R |
| 帯域[1] | 最大20Gbps |
| 使用周波数 | 24.25~86GHz |
| 許容遅延[1] | 1ms |
| 電力[1] | 第4世代の100分の1 |
| NWレイヤ | L1-L2 |
| 特徴(メリット・デメリット) | 第4世代と比較して高速、高信頼、低消費電力の通信。高周波数帯の利用によるスポット的な超高速通信が可能。 |
| 用途 | 移動機の通信の高速化に加え、車間・路車間通信(V2X)の高信頼・低遅延化、M2Mネットワークなど多岐にわたる。 |
| 将来性 | 用途に合わせた周波数帯を選択して利用できるため、様々なデバイスが使用することが予想される。 |




5Gにおける主な技術提案[2]

高周波数帯を用いた小規模セルでの機器の通信や、機器の密集するセルでの通信に加え、従来の4G・LTEと同様の用途における速度・信頼性の向上を図るような技術が提案されている。

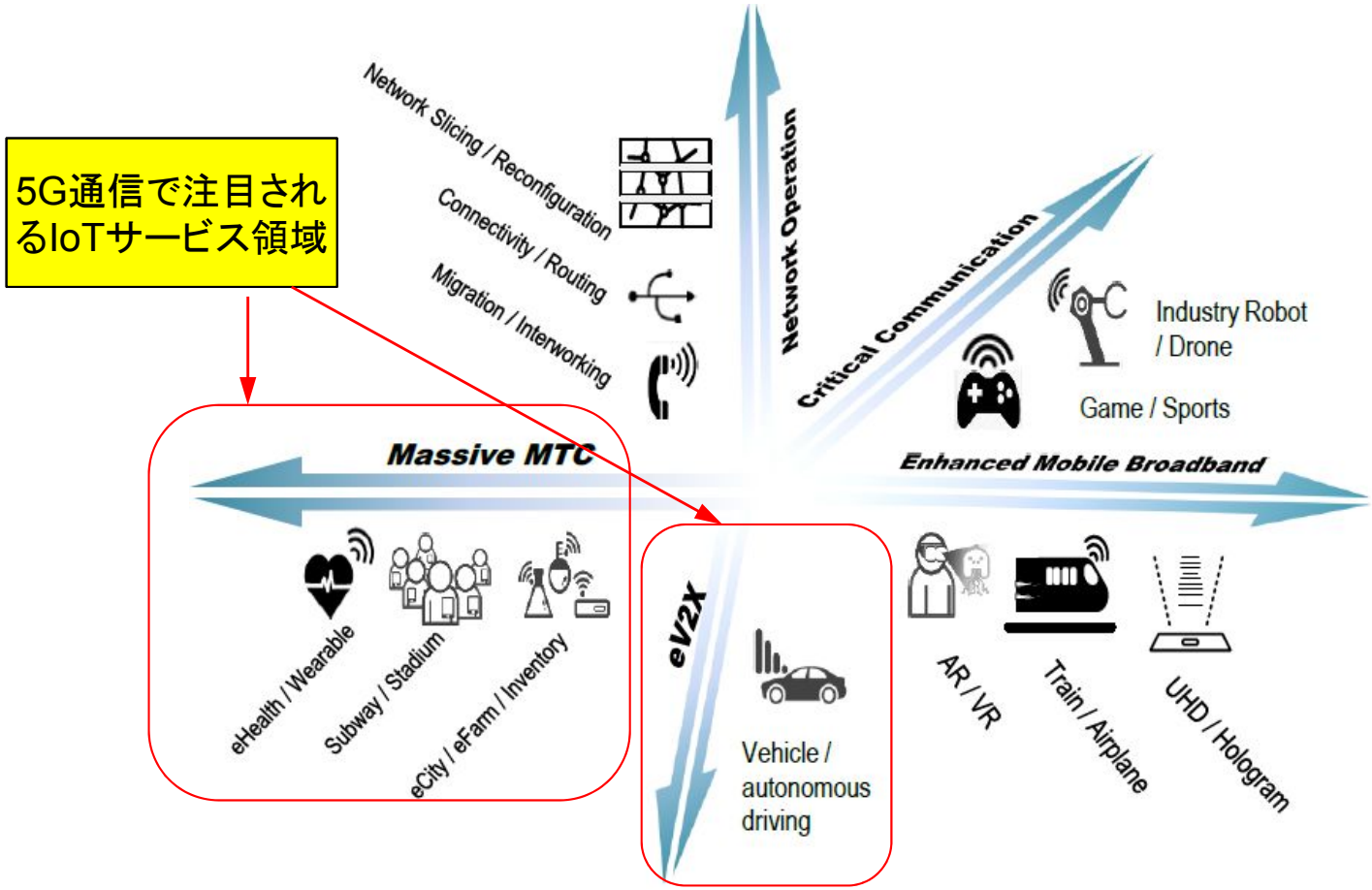

[1] ITU-R, IMT-2020 Vision勧告案, http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?lang=en&parent=R-REC-M.2083-0-201509-I ,2015年9月
[2] 中村武宏, 岩村幹生, 蒋恵玲, “5G検討に関する世界動向”, 電子情報通信学会誌 Vol.98, No.5, 2015, pp. 381 – 387, 2015.


Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 5G通信とIoTの関係整理

- 5G通信のサービスの方向性（軸）は、図に示すとおり(1)拡張モバイルブロードバンド(Enhanced Mobile Broadband) (2)重要通信(Critical Communication) (3)大規模マシーンタイプ通信(Massive MTC)(4)ネットワーク運用(Network Operation) (5)V2X拡張(eV2X)、の５つの軸に分けられる（3GPP）。
- これらの軸のうち、主にサービス軸のmMTC、eV2Xが、IoTに係わるサービス軸となっている。




5Gのサービスの方向性

（出所）3rd Generation Partnership Project;Technical Specification Group Services and System Aspects; Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers;Stage 1(Release 14)

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 5Gの新しい応用事例

- 低レイテンシー、広帯域のメリットを生かしたアプリケーションの主流となる。
- 固定回線通信の多くの市場も代替することが予想される。

| 応用名 | 概要 | 影響・効果 | 課題 | 見通し |
|---|---|---|---|---|
| 自動運転 ※1 | 現在応用が進んでいる自動運転と比較して、より高信頼の自動運転技術を実現する。 | 100km/hで走行中の車が障害を発見、ブレーキシステムを始動するまでに4Gでは1.4m進むのに対し5Gでは2.8cmにまで短縮できる。※1 | 高信頼・低遅延を実現するためには高周波数帯を利用するので、技術の確立には時間がかかると予想される。（本調査） | 特定用途の通信費用が、普及の鍵を握る。 |
| 高画質動画コンテンツの無線対応 ※1 | 現在の4G通信で可能な通信速度の約100倍である300Mbpsの通信を5Gで実現し、例えばVR体験などウェアラブル端末上での大容量動画の転送に利用する。 | 固定回線通信の多くの市場を代替することが予想される。 | コア・ネットワークの容量不足により、ユーザに通信速度の影響を与える可能性がある。 | 固定市場からの代替が進むと考えられる。 |

情報源
※1 Huaweiホームページ, 2015. http://www.huawei.com/minisite/5g/jp/defining-5g.html

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# ノンライセンスLPWAプロトコル(LoRa, SIGFOX)の電波規制と干渉対策

- 2012年7月25日から2.4GHz帯（WiFiやBluetooth用途）に加えて新たに920MHz帯（サブギガバンド）がISMバンドとして割り当てられ日本国内で使用できるようになった。
- 920MHz帯の通信仕様はARIB STD-T108で規定されている。
- 920MHz帯は2.4GHz帯よりも通信速度が遅く、最大パケットサイズも大きく、電波干渉は、起こり易くなる。送信時間や休止時間の制限を設けることで、電波干渉を低減する。電波干渉が無い場合でも、この制限により自由なタイミングでの送信が制限される。
- 使用するチャンネル別に制限事項が異なり制御が煩雑になる。キャリアセンス時間も128us以上と5ms以上の2通りが定義され、それぞれ連続送信時間と1時間あたりに許された送信時間、休止時間が異なる。遅延時間が長くなるため端末数が多いネットワークでは輻輳が起き易くなる。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# エッジ・コンピューティング（動向概観）

- クラウド・コンピューティングによるクラウドへの処理の集中が進む中で、エッジシステム（端末機器等）におけるリアルタイム処理要求や膨大なセンサーデータの通信ボトルネックを解消するための新たな通信・計算モデルとして、エッジ側にサーバを配置して処理を行う新しい計算モデルの提唱
- 今後の通信サービス、通信機器ビジネスにおいて影響が大きいと考えられるデータと処理の最適分散配置モデルにつながる。

エッジ・コンピューティングの代表的な取組み例

| コンセプト名 | 主体 | 概要 |
|---|---|---|
| フォグ・コンピューティング | OpenFog Consortium | 構成可能性に優れたアーキテクチャと、フォグ/エッジ/分散コンピューティングへのアプローチを構築 |
| Mobile Edge Computing | ETSI MEC ISG | モバイルネットワークのエッジに計算リソースを配置することによるエッジコンピューティングの標準化 |
| エッジへビーコンピューティング | Preferred Networks | エッジ側のデバイスに機械学習の能力を備えさせるアーキテクチャ |
| フォグ・コンピューティング | Cisco | クラウドとデバイスの間のネットワーク機器にクラウド機能を拡張し、コンピューティングやストレージ、ネットワークなどのリソースやサービスを分散させる仕組み |
| エッジ・コンピューティング | NTT | ユーザーの近くにエッジサーバを分散させ、距離を短縮することで通信遅延を短縮させる技術構想 |

- IoT向けネットワーク構成技術としてエッジ・コンピューティングの動向を取り上げる。
- 初期の取組みであるCisco, NTTに対して、新たに始まっているOpenFog Consortium, ETSI MEC, Preferred Networksの取組みを以下のページにまとめる。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# OpenFog Consortium ～産業向けIoTの推進を行う団体～

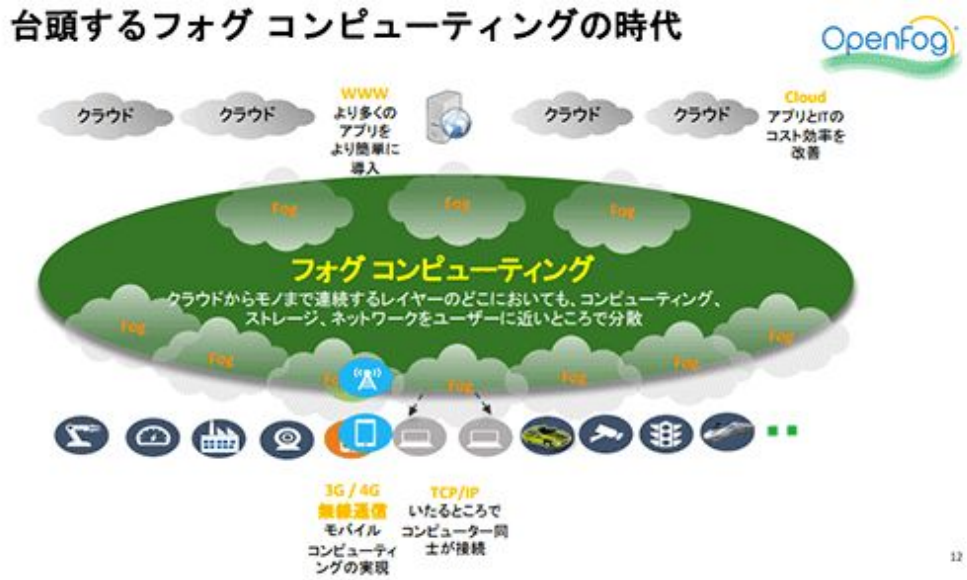
- フォグコンピューティングは、IoTによって生み出される大量のデータを、デバイスに近い位置(エッジサーバ等)で処理してからクラウドに送信することでデータ処理の最適制御行う。
- OpenFogは構成の柔軟性に優れたアーキテクチャと、フォグ/エッジ/分散コンピューティングへのアプローチを構築することで、既存の産業向け IoT の取組みを推進する。
- ワーキンググループにおいて、相互運用性と拡張性の実現に必要なフォグコンピューティング　向けのオープンアーキテクチャの開発が行われている。

## OpenFog Consortium 基本情報

| | |
|---|---|
| 設立 | 2015年11月 |
| 設立主体 | 米シスコシステムズ、英ARM、米デル、米インテル、米マイクロソフト、米プリンストン大学 |
| メンバー | 2016年5月時点で7カ国に27のメンバー（日本ではNTTコム、東芝、さくらインターネット、富士通） |
| 主な活動 | フォグコンピューティングに関する定義や技術の標準化、啓蒙活動。IEEEやIndustrial Internet Consortium（IIC）といったほかのIoTに関する標準化団体との連携 |

## フォグコンピューティングについて

| | |
|---|---|
| メリット | センシティブなデータの拡散防止、エッジにおけるリアルタイム処理、ネットワークのボトルネック回避、コンピュータ資源の効率的な利用が可能になる |
| 主な課題 | アーキテクチャや通信環境、相互運用性、セキュリティの在り方、データの形式の標準化 |
| 将来性 | フォグテクノロジーによって、運輸、交通、エネルギー、製造、小売などにおいて、爆発的増大するデータに対して持続可能なアーキテクチャにより、インテリジェンスを実現し、新たなビジネスモデルを創出する |




（出所）OpenFog Consortium

IoTデバイスの近くにコンピューティングパワーを配置することで、センサーなどから発生する膨大なデータをそのままクラウドなどへ転送するのではなく、ノイズ排除やフィルタリング、特徴的なデータの抽出、集計、データ変換や一時保管などの処理を行う

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

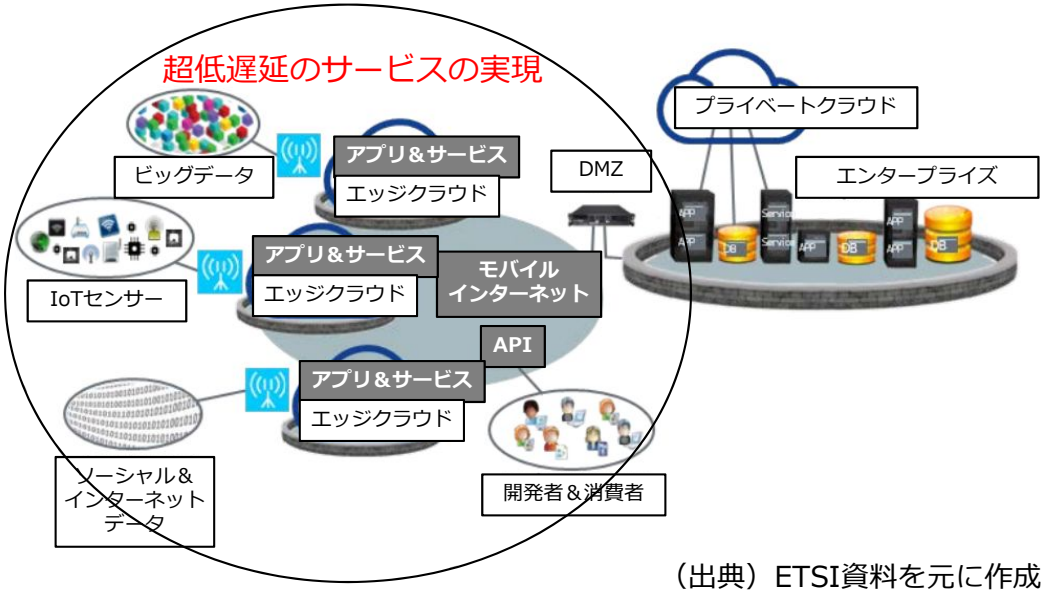
㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# ETSI MEC ISG (Mobile Edge Computing Industry Standard Group)

- モバイルネットワークのエッジに計算リソースを配置することによるエッジコンピューティング構想を実現するため、基盤技術の標準化を行う
- マルチベンダーの装置がつながるオープンなプラットフォーム仕様・API仕様の作成を目指す。
- RAN-aware video*等をキラーアプリケーションとしてPoC(Proof of Concept)を発表[1]
- ETSIは、OpenFog、Cisco Fog Computingとは調和関係を目指すとしている。

| | |
|---|---|
| 設立 | 2014年12月 |
| メンバー | • クラウド事業者：IBM, Akamai<br>• キャリア：NTT, NTT docomo, Orange, Telefonica, Vodafone, Telecom Italia, SK telecom<br>• ネットワークHW/SWベンダ：Intel, Nokia, Huawei, HP, NEC, Fujitsu, Samsung, SONY, Saguna, Caragon, SpiderCloud, ZTE, Inter,DIgital |
| 主な活動 | • システムのアーキテクチャおよび技術方式（管理方式・APIなど）の標準化<br>• ユースケースの抽出と想定サービスのビジネス性の検討<br>• 他標準化団体（ETSI NFV, 3GPP, OpenStack, OSGiなど）とのリエゾンの推進 |
| ターゲット | ゲームやARなどの低遅延クラウドアプリケーション、処理の地域性を生かした位置情報トラッキング、端末処理オフローディング、低遅延CDN・トラフィック制御など |

Mobile Edge Computingの概念図




（出典）ETSI資料を元に作成

エッジ（基地局等）にITサービスのアプリケーションやデータを配置することで、様々な超低遅延のITサービスを開拓できる
規格GS MEC 001 Terminology 、 GS MEC 002 Technical Requirements、 GS MEC 003 Framework and Reference Architectureを策定済み

*RAN-aware video: 各基地局が構成するRAN(Radio Access Network)において、アプリケーションプロバイダレベルでのトラフィック制御を可能にする動画配信サービス


[1] ETSI Mobile Edge Computing ISG announces first Proofs of Concept, http://www.etsi.org/index.php/news-events/news/1037-2015-12-etsi-mobile-edge-computing-isg-announces-first-proofs-of-concept
[2] Mobile-Edge Computing – Introductory Technical White Paper, https://portal.etsi.org/portals/0/tbpages/mec/docs/mobile-edge_computing_-_introductory_technical_white_paper_v1%2018-09-14.pdf


Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# エッジヘビーコンピューティング

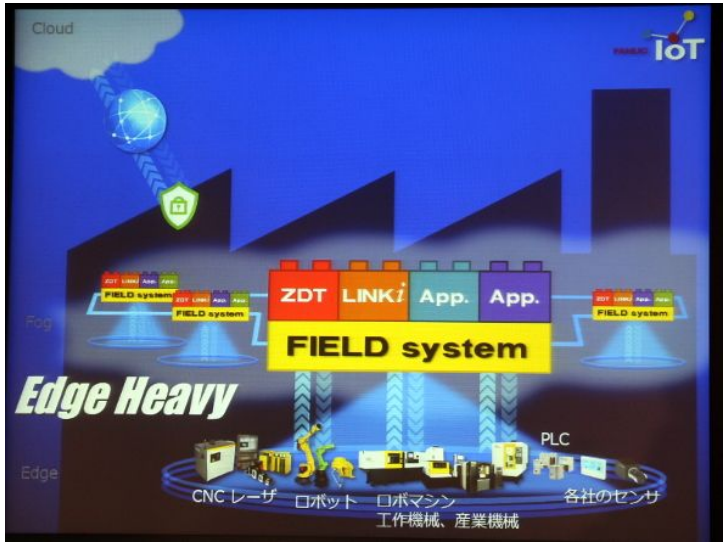
- エッジヘビーコンピューティングは、Preferred Networks (PFN) 社がCiscoと共同して提唱した考え方で、エッジ側のデバイスに機械学習の能力を備えさせること。
- PFNが提供するOSSのChainerツールを用いることでエッジデバイスにおける分散協調学習が可能。
- エッジ側デバイスに大量にデータがある場合において高度な分析の実現が期待される。

- PFNは「データの多くをネットワークの辺縁 (エッジ) 部が保持している状態」をエッジヘビーと定義し、エッジ側のデバイスに機械学習の能力を持たせたものをエッジヘビーコンピューティングと呼んでいる。
- オープンソースのディープラーニングフレームワークであるChainerを用いることで、他のフレームワークでは不可能な、エッジデバイスとして存在する多様なアーキテクチャ上での分散協調型の強化学習が可能である。Chainerは学習に用いるニューラルネットワークのモデル(段数、入出力長)の設定が容易であるという特長がある。
  e.g.) googLe Net 定義に必要な行数 Chainer 167行、Caffe 2058行 [1]
- PFNの協力する「FIELDシステム」では工場機械の調整・制御、異常検知にディープラーニングを用いて同一の機器で学習結果を共有することで、効率的かつ自動的な制御の学習の実現を可能にしている。その他、例えばエッジに大量の情報が散在する監視カメラに適用し、高度な分析をエッジで行い不審者の特徴や不審者の映っている映像のような重要なデータのみをクラウド側と通信する仕組みの実現が期待される。

**データ通信に関するニーズ**

学習の際に個々のデバイスが持つデータをデバイス同士で共有するため、デバイスとそれらを取りまとめる機器の間、あるいはデバイス間の通信を行う機器の需要が見込まれる。

FIELDシステムでは工場機械から送られるデータをエッジコンピュータ上で処理・分析し共有する必要のある情報のみをクラウド側へ送る。




FIELDシステム概要図 [2]


[1] Chainerの紹介スライド http://www.slideshare.net/ryokuta/dlchainer
[2] http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1608/30/news055.html
[3] http://www.slideshare.net/saisharansai/fog-computing-46604121


Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# OpenFog（エッジコンピューティング）の新しい応用例

| 応用名 | 概要 | 影響・効果 | 課題 | 見通し |
|---|---|---|---|---|
| ドローンを用いた荷物配達[1] | 地上に配置したフォグコンピューティングコントローラと通信し、ミリ秒単位で大気の状態の分析し、それに合わせた複雑な操作ができる。さらにコントローラからドローンにセキュリティパッチを充てることができる。 | 建設物や交通状況に影響されることなく、迅速に荷物を配達できる。フォグコンピューティングによって操作精度、通信速度、セキュリティ等が向上する。 | アパート・マンションへの配達。航空規制のクリア。ドローンの騒音対策。[2] | Amazonやウォルマート・ストアーズがドローンによる配達サービスを検討中。2016年時点でAmazonによる実証実験が行われている[2][3]。 |
| 自動車の安全運転支援 | 自動車の近くに配置されたエッジサーバ上が周囲障害物の情報をもとに最適な動作をリアルタイムに分散機械学習し、自動車に伝送する | 前方にある歩行者や事故車などの障害物に衝突しないような安全な運転を実現する。 | 万一事故が発生した時の責任の所在。機械学習の精度。 | NTT研究所がディープラーニングを用いたデモを発表している[4]。Nokia NetworksがLTE通信を用いた20ミリ秒未満のリアルタイム運転支援のデモを発表している[5]。 |
| AR（VR）技術を用いたユーザー体験の向上 | AR（VR）端末が担ってきた負荷の高い処理をエッジーサーバに移すことにより、リアルタイムで、端末性能に依存しない高いユーザー体験を実現する。 | リアルタイム性を要求されるAR（VR）ゲームや、ポータブル端末を利用した観光客向けのナビゲーションサービスの提供。 | ローカルで処理する場合と遜色ないほどの低遅延の実現。 | XboxやPS4などの家庭用ゲーム機はクラウド処理を行っている[6]。2016年はPlayStation®VRが発売予定であり、ポケモンGOなどのスマートフォンARゲームがヒット[7]。AR（VR）の利用シーンは拡大予定。 |
| スマート・ビルディング | ビル全体の様々なエネルギー使用に関する情報を集約・分析し、リアルタイムでビル内のエネルギーを最適化する。 | 電力需要逼迫の際には分担して低優先度の機器を停止させるなど、節電効果が見込まれる。 | 既存のビルに導入することが困難であり、初期費用が大きい。 | 東京ガスやNEC、IBMなどがスマート・ビルディングの導入事例を公開している。NTT研究所ではエッジコンピューティングを用いたスマート・ビルディングを構想している[8]。 |


[1], High-Scale Package Drone Delivery, https://www.openfogconsortium.org/wp-content/uploads/OpenFog-Transportation-Drone-Delivery-Use-Case.pdf
[2], Exclusive: Amazon Reveals Details About Its Crazy Drone Delivery Program, https://www.yahoo.com/tech/exclusive-amazon-reveals-details-about-1343951725436982.html
[3], Exclusive: Wal-Mart seeks to test drones for home delivery, pickup, http://www.reuters.com/article/us-wal-mart-stores-drones-exclusive-idUSKCN0SK2IQ20151027
[4], Safe driving supported by real-time communications and information processing, https://labevent.ecl.ntt.co.jp/forum2016/elements/pdf_eng/02/A-33_e.pdf
[5], Mobile Edge Computing Used To Support Live Tests Of Assisted Driving, http://inside5g.com/mobile-edge-computing-used-to-support-assisted-driving/
[6], Xbox One VS PS4: Who Has The Better Cloud?, http://www.cloudwards.net/xbox-one-vs-ps4-who-has-the-better-cloud/
[7], Pokémon Go can fast forward with Mobile Edge Computing, http://www.saguna.net/blog/pokemon-go-can-fast-forward-with-mobile-edge-computing/
[8], Announcing the “Edge computing” concept and the “Edge accelerated Web platform” prototype to improve response time of cloud applications, http://www.ntt.co.jp/news2014/1401e/140123a.html


Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 2.2 人工知能とビッグデータ分析

近年の人工知能の進歩は、ディープラーニングを中心とした帰納学習によるものがメインであり、ビッグデータの学習が前提となる。ビッグデータ分析は、ディープラーニング等の学習以外に、統計的手法や母集団の統計モデルを仮定しないデータマイニング等の帰納学習を含むより広い概念である。

したがって、本章では、人工知能とビッグデータ分析について合わせて動向を整理する。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 人工知能の技術動向の整理

■ 人工知能の研究開発は大きく分けて「**特化型人工知能**」と「**汎用人工知能** 」の２つの流れ

■ (1)特化型と(2)汎用型の双方の進展と、両方に跨る(3)人とＡＩの協調的・融合的な技術の発展

## 特化型人工知能の進展

■ **認識系（入力系等）**

- 画像認識コンペでディープラーニングがブレークスルー[実用段階]
- Baidu社のノイズ環境下で高性能な音声認識システム（Deep Speech等）開発[応用研究]
- FacebookのDeep face顔認識、スポーツ画像判別技術[応用研究]
- 画像、音声等のマルチモーダルな統合認識による状況認識[基礎研究]

■ **制御・推論系（インタフェース等含む）**

- レベル3自動運転[応用研究]
- DARPAロボティクスチャレンジ災害復旧ロボット[基礎研究]
- IBM Watson医療診断支援、銀行窓口の対人支援へ応用[応用研究]
- DeepMind Alpha Go囲碁プロレベルに
- Google DeepMind DQN　プロゲーマーを凌駕[実用段階]

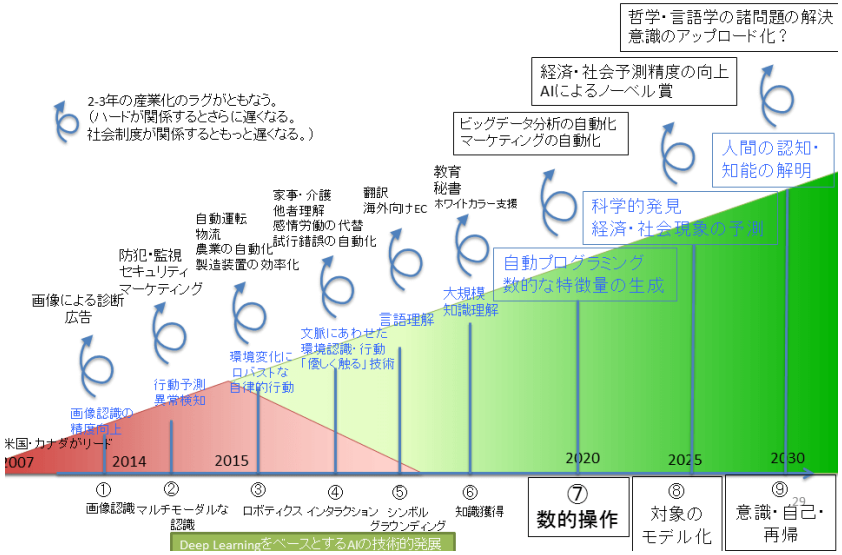
## 汎用人工知能の動向

- EUヒューマン・ブレイン・プロジェクト[基礎研究]
- 米国BRAINイニシアチブ[基礎研究]
- オックスフォード大学　全脳エミュレーションWBE(Whole Brain Emulation) [基礎研究]
- 日本　全脳アーキテクチャ・プロジェクト [基礎研究]
- 生物学に基づく認知アーキテクチャBICAs(Biologically Inspired Cognitive Architectures)[基礎研究]
- IBM/DARPA SyNAPSEチップ[基礎研究]
- Qualcommニューロモルフィックチップ Zeroth[基礎研究]

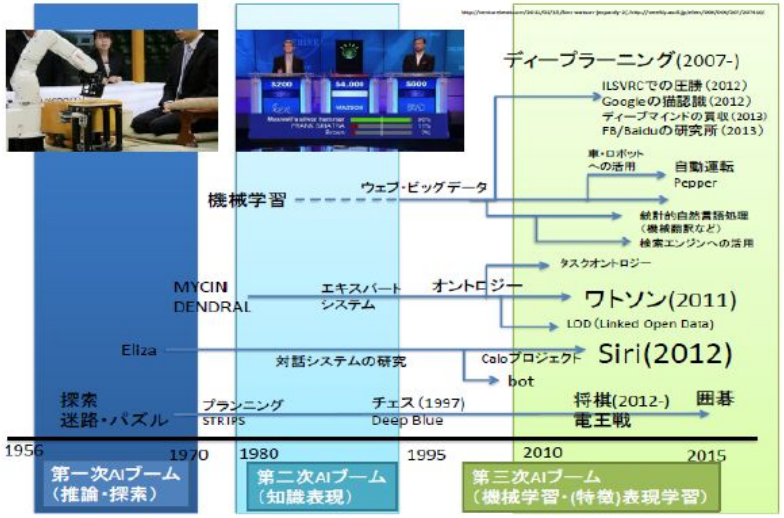
## 人とAIの協調・AIのネットワーク化

- 人の知能の補強 IA(Intelligence Augmentation)（知識支援等）[実用研究]
- AI、人工脳、BMI(Brain Machine Interface)の融合、協調的な進化（脳波による機器制御、短期記憶力の向上等）[実用研究]
- 脳のリバースエンジニアリング、脳波制御技術MindPDR[基礎研究]
- 人間とサイバー空間上のAIの集合知[基礎研究]

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が取りまとめた次世代人工知能技術社会実装ビジョンでは、AI技術の進展として、認識系、運動系（制御系）、言語処理系等に分類している。




ディープラーニングをベースとする技術的発展予測




人工知能の研究開発の流れ

（出所）東京大学工学系研究科 准教授 松尾 豊「人工知能の現在と未来」

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved



㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# AI技術の階層的な全体構造

- AIは、幅広い分野に適用可能な汎用技術であり、人間が係わる多くの行為に適用されることが予想される。
- 具体的な手法からなる基盤技術を組合わせることで、認識等の特定の機能を実現し、様々な応用分野に適用される。

## 実用例

### 人工知能応用分野（応用）

**公共分野**
交通・運輸（自動制御）
情報通信（最適制御）
電力・ガス・水道（無人保守）
気象・環境・防災（無人監視） 他
大林組ビルエネルギー予測

**産業分野**
製造（オートメーション、自動運転）
金融（自動取引・与信）
農林水産業（無人管理）
商取引（レコメンデーション）他
顧客対応QAシステム Enliticがん画像診断

**生活分野**
娯楽・ゲーム（対戦相手）alphaGo
健康・医療・料理（アドバイザ）
予定調整・管理（自動管理）
教育（アダプティブ教育）他
RECAIUS日中翻訳 SENSY Pepper

## 応用技術

### 人工知能応用技術（機能）

**認識**
音声認識
画像認識
文字認識
データパターン認識

**言語処理**
言語理解・対話
(Watson)
自動翻訳
質問応答
要点抽出

**インタフェース**
コンシェルジェ
エージェント
可視化
身体動作支援

**判断・意思決定**
市場予測
経営戦略支援
計画立案
診断支援

**その他**
制御・自動化
予測・検知
最適化
行動選択

## 基礎技術

### 人工知能基盤技術（手法）

※次ページ詳細構成図

**ニューラルネットワーク**
CNN(畳み込みNN)
RNN(リカレントNN)
SOM(自己組織化マップ)
オートエンコーダー、他

**NN以外の機械学習**
ベイジアンネットワーク
SVM
決定木分析
Deep Q-learning、他

**統計的手法**
回帰分析
判別分析
主成分分析
因子分析、他

**演繹的推論**
ルールベース推論
論理プログラミング
ファジー推論、他

次ページへ

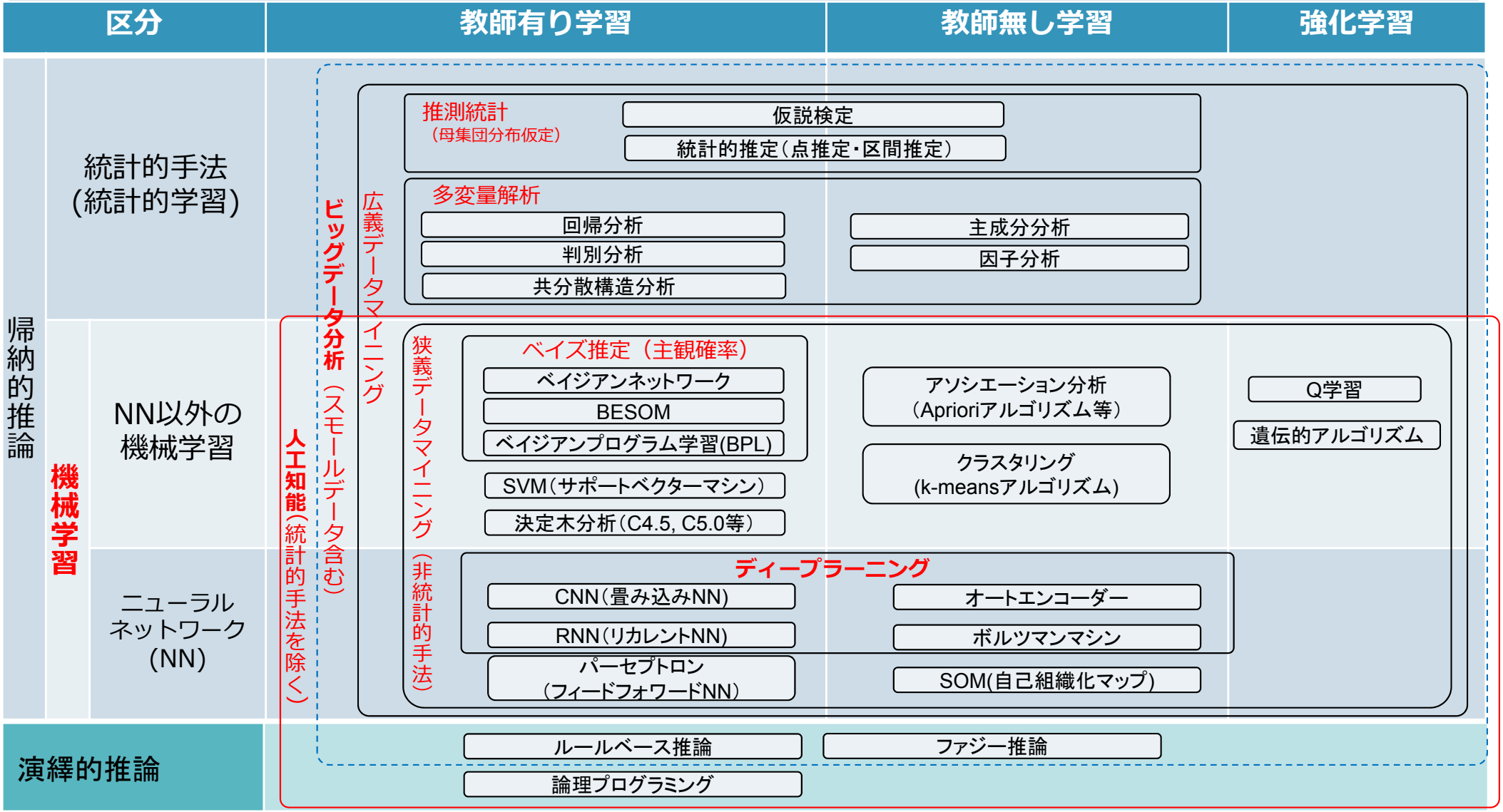
三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# ビックデータ分析・AI・機械学習に関する技術の全体像

- ビッグデータ分析、AI、機械学習は、多様な技術を含む包括的な用語であり、複雑な重なりを持つ。
- ディープラーニングの技術的ブレークスルーにより機械学習の応用・研究に注目が高まっている(第３次AIブーム)




三菱総合研究所作成

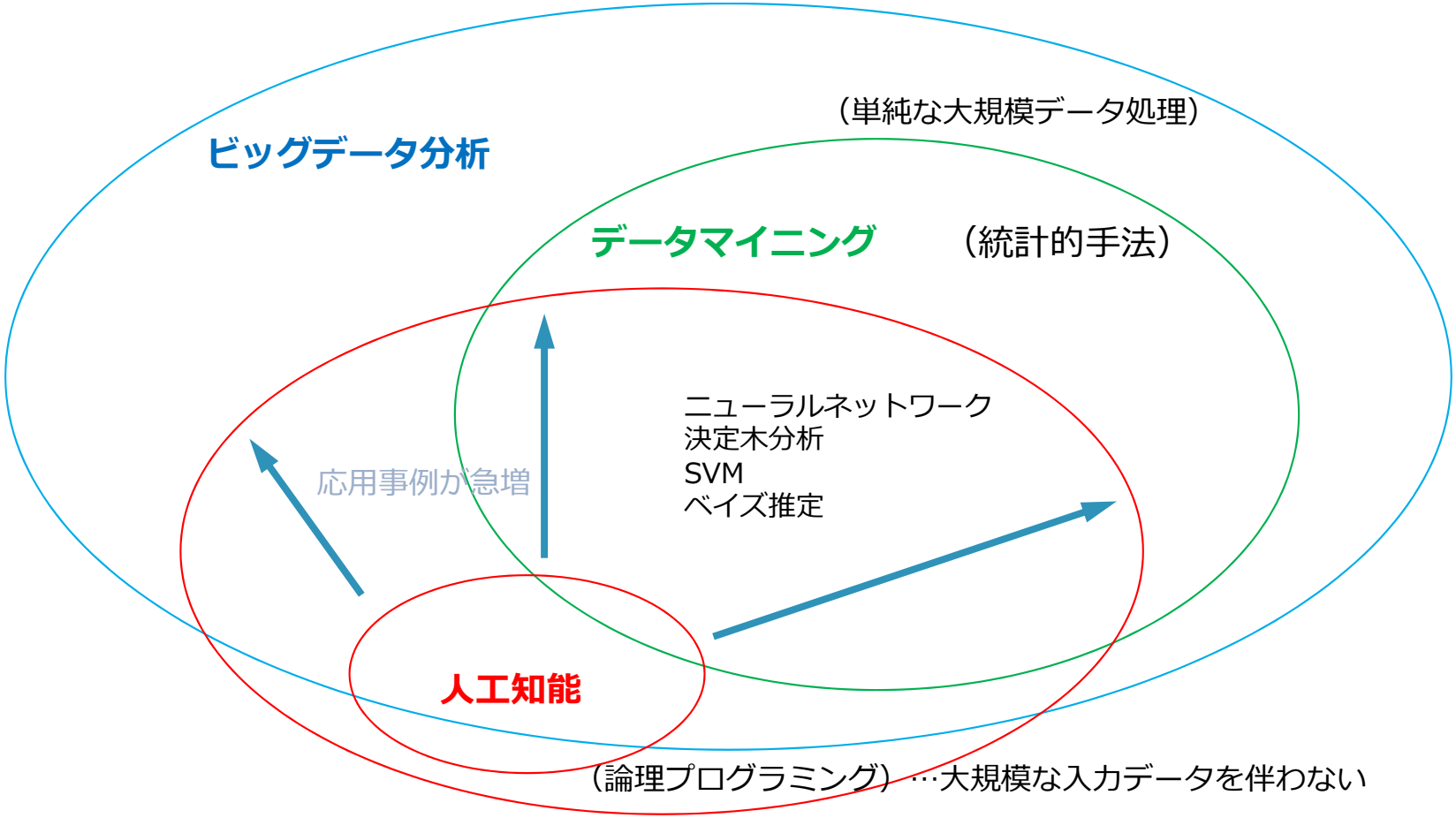
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 用語の定義と包含関係

ビッグデータ分析

- データマイニング：未知のデータの特徴を発見すること
- 機械学習：訓練データから学んだ知見に基づき予測すること
- 人工知能：人の知的な能力を機械により実現すること。主に機械学習や論理推論などが挙げられる。




三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 【参考】 AI技術の将来技術レベル予測

研究レベル | 限定した対象・業務に用いることが可能 | 人間並みに近いが一部制限される | 人間と同等水準が可能 | 人間以上の性能を達成

| AI技術 | | 内容 | 将来予想 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 現在 | 5年後 | 10年後 | 20年後 |
| 画像系 | 文字認識 | （手書き）文字を画像として読み取り、テキストデータとして認識 | | | | |
| | 画像認識 | 画像内の物体やシーンを認識し、解釈ラベルを付与 | | | | |
| | 表情・感情認識 | 人間の（顔）画像から、表情情報や感情情報を認識 | | | | |
| | ジェスチャー認識 | （動）画像中の人の動きを認識し、解釈ラベルを付与 | | | | |
| | 画像生成 | 入力データに対応した（動）画像を生成 | | | | |
| 音声系 | 音声認識 | 音声データを入力とし、テキストデータとして認識 | | | | |
| | 話者認識 | 音声データを入力とし、話者を区別・特定 | | | | |
| | 音声合成（音声発話） | テキストデータを入力とし、音声を生成／音声による人間との対話 | | | | |
| 自然言語処理系 | 意図理解 | 自然言語文章の表す意図・意味を、データ構造として解釈 | | | | |
| | 情報検索・抽出・分類 | （入力）データ（主に自然言語文）中の情報を抽出し、データを分類し、情報検索を行う | | | | |
| | 要約 | 入力文章と同等の情報を持つ短い文章を生成 | | | | |
| | 対話 | 自然文により人間とインタラクティブな対話・会話を行う | | | | |
| | 質問応答 | 自然文章による質問を解釈し、内部データから質問内容に対する回答を提示 | | | | |
| | 翻訳 | ある言語の自然文を入力とし、同等の意味を持つ別の言語の自然文を生成 | | | | |
| | 文章生成 | 出力する情報を表現する自然文章を生成 | | | | |
| 論理系 | 推論 | 推論過程により新たな知識を導出・自動的に証明 | | | | |
| | プランニング | 目的を達成するための制御手段などを自動的に計画・スケジューリング | | | | |
| | 最適化 | 目的変数を最も良くする解・選択肢を自動で生成・選び出す | | | | |
| | 制約充足 | （複数の）制約条件を満たす解・選択肢を選び出す | | | | |
| | 推薦システム | 利用者に対してマッチしている選択肢を選び出し推薦 | | | | |
| インターフェース系 | コミュニケーション／知的ロボット | 利用者とロボットとのインターフェースや相互作用を向上させる | | | | |
| | コンピュータインターフェース | 利用者とコンピュータソフトウェア・ハードウェアとのインターフェースや相互作用を向上させる | | | | |
| | 仮想・拡張現実感 | （主に視覚を中心とした）利用者（人間）の感覚・受け取り情報をデジタルデータにより拡張 | | | | |
| その他 | シミュレーション | ソフトウェア内のエージェントを用いて現実環境の行動結果を計算・予測 | | | | |
| | コンシェルジュエージェント | 利用者（人間）とAIエージェントとのインターフェースや相互作用を向上させる | | | | |

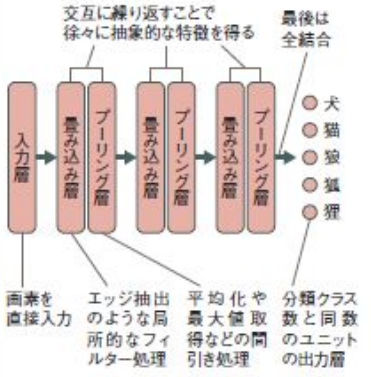
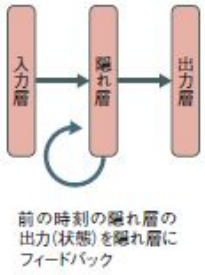
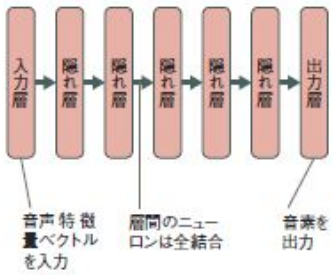
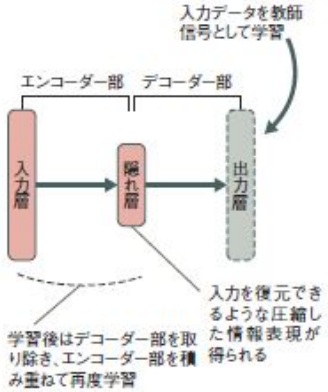
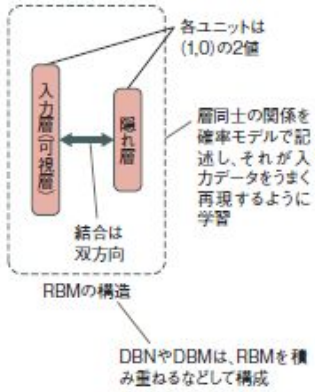
NISTEP科学技術予測調査を起点に、他技術情報も加味して、AI技術の将来レベルを推定。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# ディープラーニングの手法と特徴比較

- ディープラーニング技術の最も有効な応用は画像認識。「CNN（convolutional neural network）」が大半
- ディープラーニングの大きな成果は、画像認識において高次の概念に係わる特徴量を効果的に抽出できるようになったこと。
- ディープラーニングは、静止画の認識においては高い性能を示すが、動画など時系列データに特有の情報や文脈（コンテクスト）の分析は、現状のところ有効な成果が上がっておらず、重要な研究テーマとなっている。

| 学習の仕方 | 主に教師あり学習を適用 | | | 主に教師なし学習を適用<br>(教師あり学習の事前学習にも使われる) | |
|---|---|---|---|---|---|
| ネットワーク構造の名称 | CNN(convolutional neural network) | RNN(recurrent neural network) | フィードフォワード型(層間が全結合、音声認識分野ではDNN：deep neural networkと呼ばれる) | オートエンコーダー(AE：autoencoder) | ボルツマンマシン(マルコフ確率場) |
| 主な用途 | 画像認識、自然言語処理など | 自然言語処理や音声認識での言語モデル、簡易なアルゴリズムの自己獲得、ロボットの行動生成など | 音声認識(音素推定部) | 画像認識、雑音除去、汎用的な次元削減など | 画像認識、音声認識など |
| 特徴 | 画像認識で爆発的に普及。実用化も最も進んでいる | 内部状態を持ち、時系列データの扱いに向く | もっぱら音声認識専用 | 入力データを再現するような低次元の特徴ベクトルを獲得できる。入力データ自身を教師信号として使う | ブームの火付け役だが、現在はやや下火との声も。確率モデルが基盤 |
| 構造の概略 |  |  |  |  |  |
| 派生技術 | 特になし | LSTM(long short-term memory)、NTM(Neural Turing Machine)、Memory Networksなど | 特になし | SAE(stacked AE)、DAE(denoising AE)、変分AE、Topographic ICA(independent component analysis) | RBM(restricted Boltzmann machine)、DBN(deep belief network)、DBM(deep Boltzmann machine) |
| 層数 | 最大で20～30層 | 3層が中心 | 6～9層 | 数十層 | 数十層 |

ディープラーニングの主な手法の用途・特徴

（出所）人工知能テクノロジー総覧、2015年、日経BP

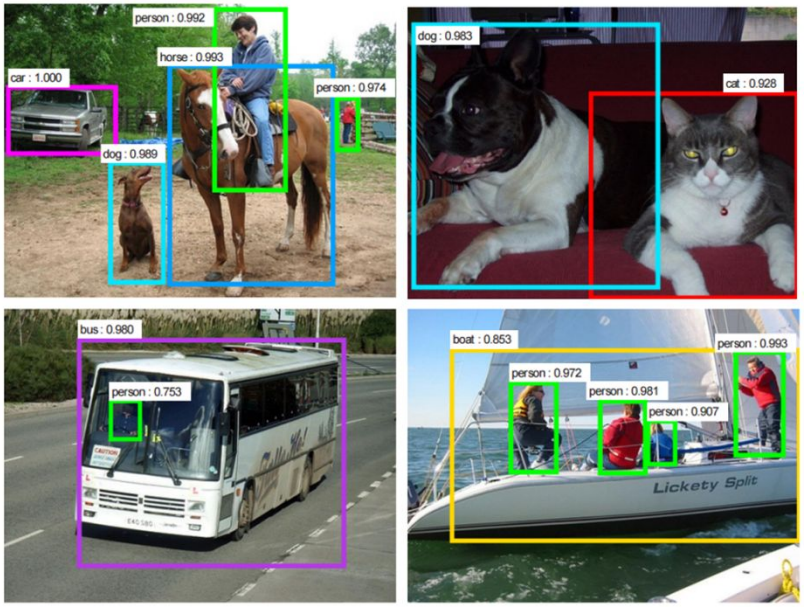
㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# Deep Learningによる画像認識の動向

- 画像認識分野では、CNN(畳み込みニューラルネットワーク)※を用いる技術が主流となっている。
- 領域の抽出、物体の判別、複数の特徴の学習・認識の判別速度・精度の両面で研究が進んでいる。
- 自動運転、運転支援に向けた応用の研究開発が活発化している。

- 物体検出：判別に時間がかかることが問題であったが、Faster R-CNNによってほぼリアルタイムでの物体検出が可能になった。
- シーンラベリング：SegNetに代表されるピクセル単位で領域を定める技術であり、研究が進み自動運転などへの応用が期待される。
- ヘテロジニアスラーニング：複数の異なる特徴を学習・認識可能なため、例えば顔画像から年齢と性別を認識したり、歩行者までの距離とその部位を推定したりといった応用方法がある。




Faster R-CNNでの物体検出の例 [1]

SegNetでの領域検出の例 [2]

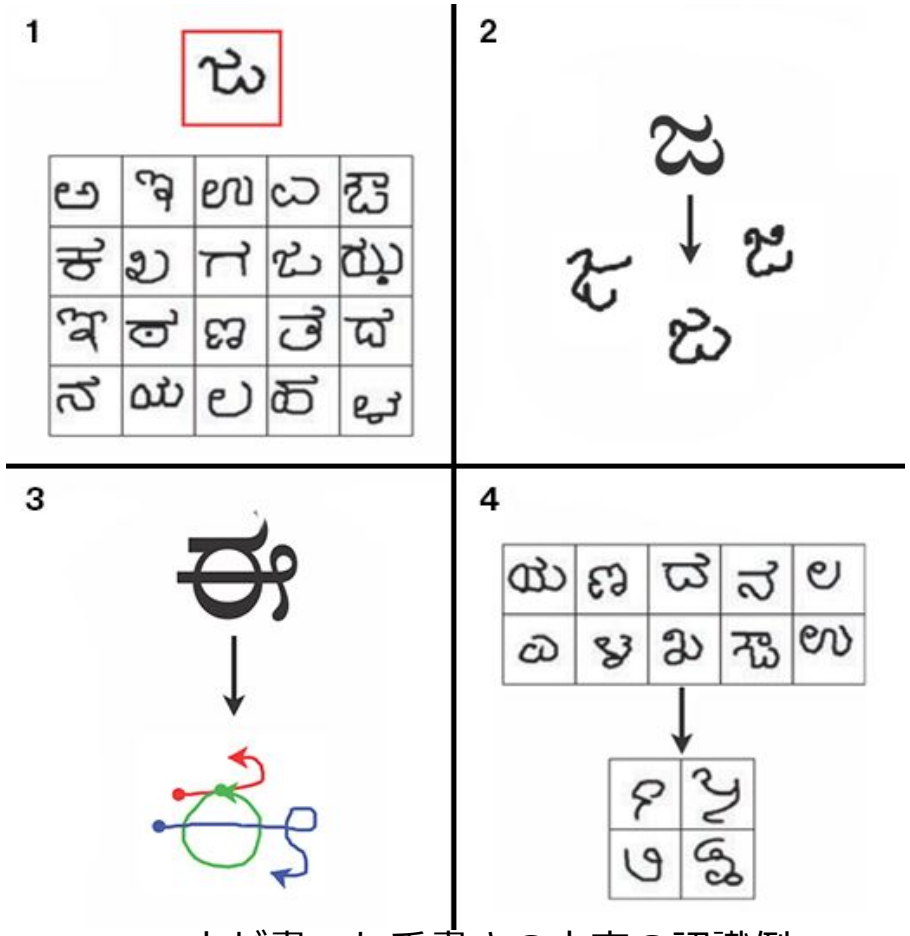
[1] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, & Jian Sun. “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks”. NIPS 2015.
http://mp7.watson.ibm.com/ICCV2015/slides/iccv2015_tutorial_convolutional_feature_maps_kaiminghe.pdf
[2] SegNetホームページ http://mi.eng.cam.ac.uk/projects/segnet/

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# BESOMネット、ベイジアンプログラム学習フレームワーク（BPL）

- 人間の学習能力に基づくアプローチにより、手書き文字のような画像概念をたった１つの訓練事例から学習する計算モデル「ベイジアンプログラム学習フレームワーク（BPL）」が発表された。
- ディープラーニングでは、10～100事例必要であり、BPLは訓練事例について大幅に性能向上した。

- たったひとつの例から、手書きの文字を認識し学習する新しい計算モデル「ベイジアンプログラム学習フレームワーク（ＢＰＬ）」が発表された。
- 従来のディープラーニングでは、10～100事例必要であり、それと比較して、大幅に高性能化した。
- ニューヨーク大学の研究者Brendan Lake、トロント大学のコンピューターサイエンスのRuslan Salakhutdinov准教授、MITの脳認知科学のJoshua Tenenbaum教授により、サイエンス誌で発表される。(2015/12)
- 画像の概念をプログラムとして表現することで、高性能化を実現したと発表している。
- 一事例による学習の性能比較では、人間レベルの性能を達成し、ディープラーニングを圧倒した。




人が書いた手書きの文字の認識例
Brenden M. Lake, Human-level concept learning through probabilistic program induction, 2015

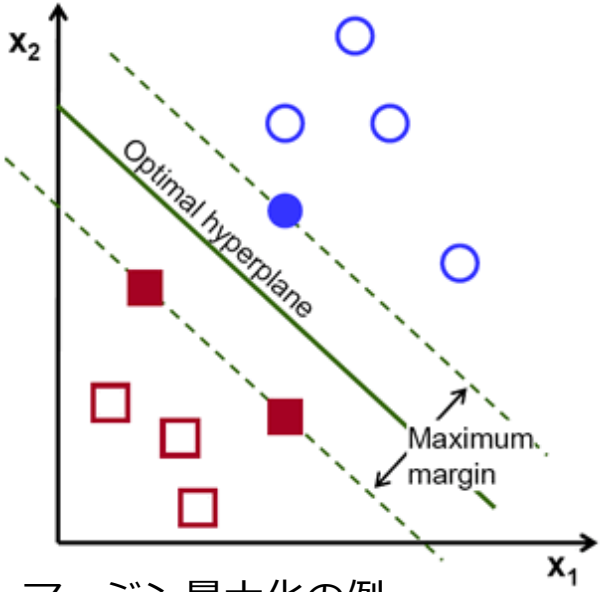
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# Support Vector Machine (SVM)

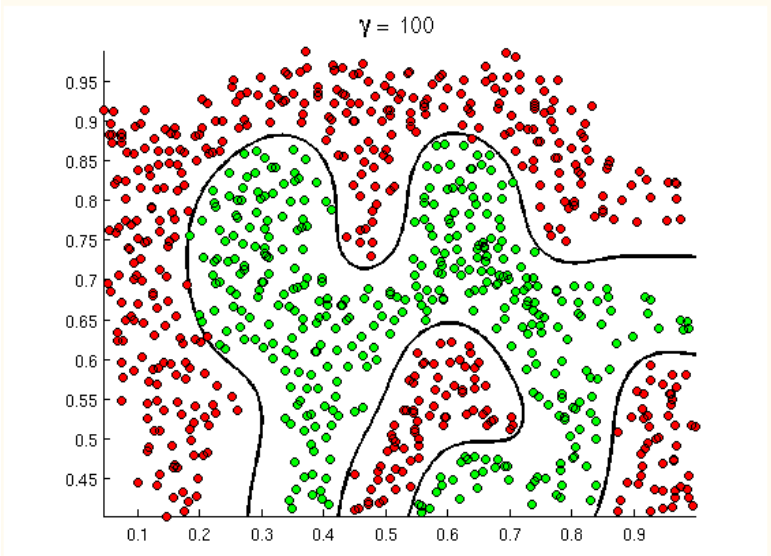
- 教師あり学習を用いた分類器の一つで、答えの分かっているデータの特徴量を用いて学習を行って分類器を作成し、未知のデータの識別を行う手法である。
- SVMは画像認識、音声認識、テキスト分類など様々な用途で用いられる。
- 従来の次元圧縮と非線形識別によるアプローチに対して、高次元変換と線形識別のアプローチにより、従来の問題であった特徴空間の次元の増加により学習がうまく機能しない「次元ののろい」問題を解決し、イノベーションを起した。
- 入力ベクトルをカーネル関数を用いて高次元化し、マージン最大化を用いて線形分離を行う。

- ガウシアンカーネルを用いることで非線形な分離も行うことが出来る
- ガウシアンカーネルは無限次元への写像の内積を計算する関数
- 特徴量を用いて分類器を作成するため、データからの特徴量抽出が必須であり、精度も特徴量に大きく依存
- 実装としてLIBSVMなどがあり、ソースコードも公開されているため様々な環境で動作する [1]

[1] LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/




マージン最大化の例
（出所）ovencv.org



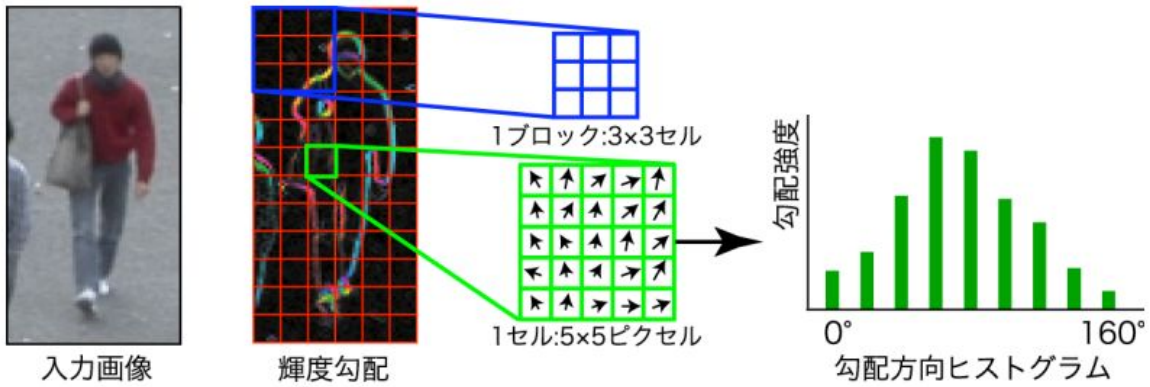

ガウシアンカーネルを用いた非線形分離の例
（出所）スタンフォード大学

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# SVMとHistograms of Oriented Gradients (HOG) 特徴量を用いた物体認識

- 画像からHOG特徴量 (局所特徴量) を抽出し、それを特徴量にしてSVMを用いて分類器を作成することで物体の認識を行うことが出来る
- 明暗の影響を受けづらく、局所的な幾何学変化に強いロバストな認識が可能になる。
- この手法を用いた実用化研究として自動運転の際の人の認識がある

- HOG特徴量は、画像をセルに分徴量は、画像をセルに分割し、セル内部の勾配をヒストグ (ブロック) のヒストグラムを正規化したもの
- HOG特徴量により、画像中の輝度の変化の境界線を抽出し物体の認識が出来る
- その他の物体認識に用いる特徴量として、明度の差を用いたHaar-like特徴量や領域内の勾配の関係に着目したEdge of Orientation Histogram (EOH) 特徴量などがある




HOG特徴量
(出所) 中京大学 工学部 藤吉研究室

**データ通信に関するニーズ**

物体認識の技術は監視カメラによる人の識別や個人の特定にも用いることができる。そのため、収集した画像を送信するための無線機器の需要が増加すると予想される。

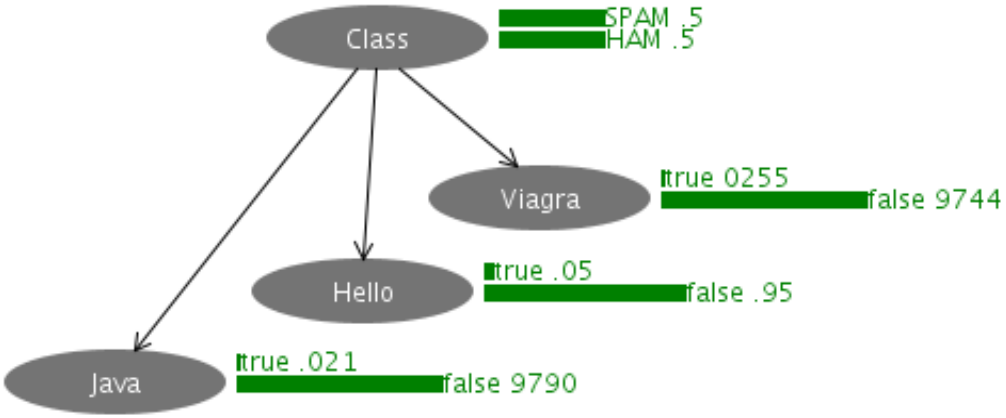
HOG特徴量による人の認識の例
(出所) デンソー

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# ベイジアンネットワーク

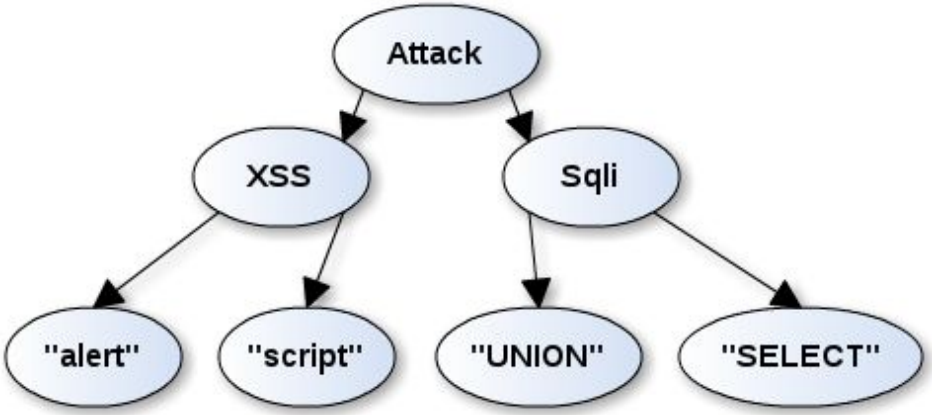
- 因果関係を確率により記述するグラフィカルモデルで、観測した結果から、その**原因となった現象の確率**を求めることが出来る
- スパムメールの判定、WAF, IDSなどの攻撃検知を行うセキュリティ製品、ユーザーの属性や過去の購入履歴から適した商品を推奨するレコメンド・システム、病気の診断といった応用例がある
- 原因から結果が発生する傾向性(尤度関数)が分かっている場合、結果の観測から原因の確率分布を推定する

- スパムメールをベイジアンネットワークで分類する際は、多くの単語のリスト(下図では、Viagra, Hello, Java)を用意し、それぞれが存在しているかどうかを特徴量とする
- スパムメールのような1対多の（一層）関係になっているベイジアンネットワークを特に**ナイーブベイズ分類器**と呼ぶ




スパムメールの判別 (出所) Scutum 技術ブログ

- Webアプリケーションファイアーウォール (WAF) の製品であるScutumでは、通信のSQL文に”UNION”や”SELECT”などの文字列が含まれているといった特徴から、その通信が攻撃通信である確率を計算する
- 攻撃の可能性を計算する際は、観測した通信から一番下の層のノードの確率が確定するので、ベイズ推定を用いて下から順に計算していく
- ノードの確率やネットワークの細かい変更が全体に与える影響が小さく、視覚的にも分かるのでチューニングが行いやすい
- ニューラルネットなどでは内部がブラックボックスであるが、ベイジアンネットワークではホワイトボックスになっている。




WAFへの応用 (出所) Scutum 技術ブログ

**データ通信に関するニーズ**

Scutumはクラウド型のWAFであり、通信がクラウドを経由する。
このようなクラウド型の製品の利用が増えると通信量が増大する。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# Federal Big Data Research and Development Strategic Plan(米国,2016)

- 米国連邦政府研究プログラムNITRDにおいては、知識発見と適切な意思決定のために、ビッグデータを活用したイノベーションを創出するためにエコシステムの構築は不可欠と捉え、社会経済に寄与する研究開発戦略を策定
- 7つの戦略（下記）を掲げ、それに従いNITRD BIG DATA領域において優先的に研究開発投資を実施

■ 戦略１：ビックデータの基礎技術を高度化することで次世代の能力を創造
- データのサイズ、スピード、複雑さの増大に対応した処理基盤のスケールアップと分かり易いインタフェースの開発
- データ管理のボトルネックの解消、並列分散処理における仮想化の進展
- GENIの基盤を活用して計算をデータ側に移動させる効率化などソフトウェア・デファインド・インフラストラクチャの開発

■ 戦略２：適切な意思決定、革新的な発見、確信の持てる行動のためのデータの信頼性に関する理解の深化
- データ利用者は、データ生成者と異なるケースが増加することで、意思決定においてデータ品質の重要性になる。→データ駆動意思決定における透明性の確保、データの信頼性を確保するためのメタデータフレームワーク（データ来歴、トレーサビリティ等）の構築
- データの信頼性は、truthfulness (i.e., internal validity or credibility), applicability (i.e., external validity or transferability), consistency (i.e., reliability or dependability), and neutrality (i.e., objectivity or confirmability)の組合わとして実現
- データ駆動により意思決定力の強化のためのツール開発が重要

■ 戦略３：ビッグデータ・イノベーションを可能にする研究インフラの開発
- GENI, XDなど高性能計算基盤、インメモリー演算による高速化、研究連携のためメタデータ標準化(ISO/IEC JTC 1 SG Big Data)

■ 戦略４：データの共有と管理を促進する政策によりデータの価値の向上
- データの複合分析による新しい発見の促進。Data.govにより政府のデータを機械可読形式のデータとして公開

■ 戦略５：ビッグデータの収集、共有、利用におけるプライバシー、セキュリティ、倫理の保護
- データ収集者とデータ所有者のパワーバランスを公正に保つ。データ活用による差別など倫理問題の発生防止などが求められる。

■ 戦略６：高度な分析人材に対する需要を満たすビッグデータ教育に関する国の全体像の改善
- データサイエンティストに対する教育要求事項の検討と教育研究機関の整備

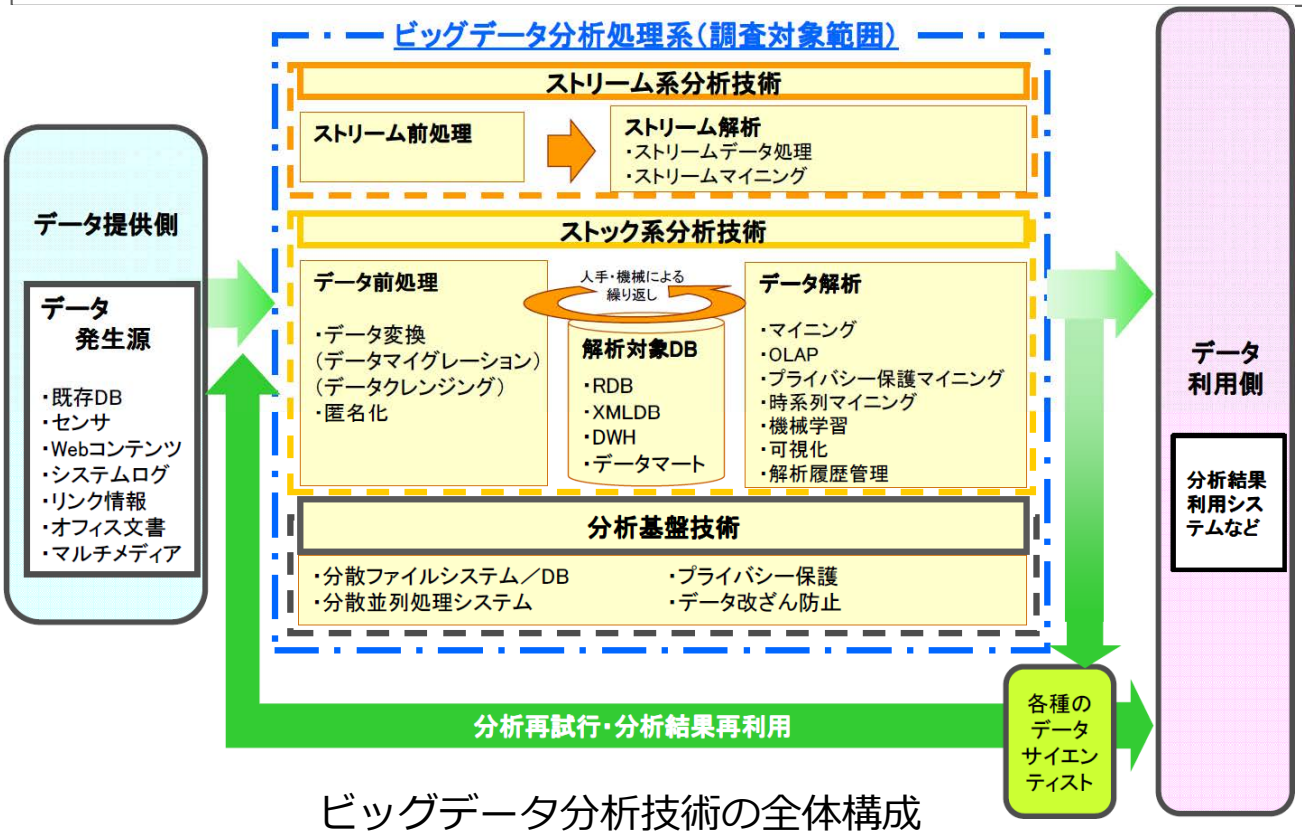
■ 戦略７：国家的なビッグデータのイノベーションエコシステムにおける連携の推進
- 技術とデータ共有に関する役所的な障害を排除する。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

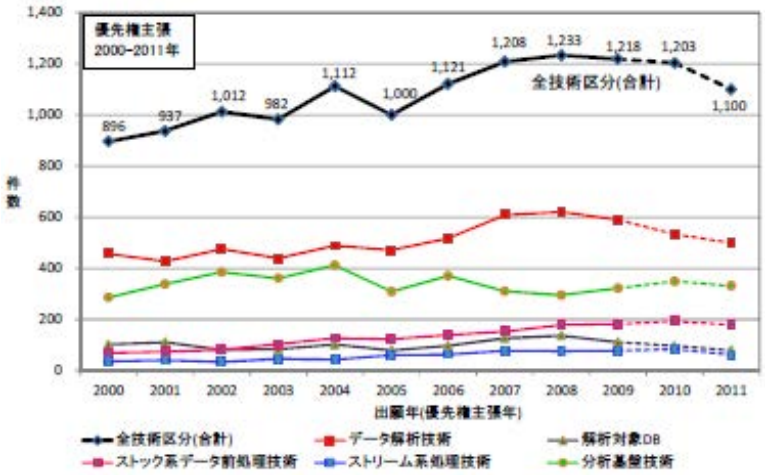
㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 特許出願技術動向調査　ビッグデータ分析技術

- ビッグデータ分析技術全体を、ストック系分析、ストリーム系分析、分析基盤に分類し、ストック系分析はさらに、データ前処理、データ解析、解析対象DBに分類している。
- ビッグデータ分析技術の特許出願は、IBM等のITベンダーの他、NTT, KDDIなどの通信事業者、NEC, 日立、富士通など通信機器ベンダが上位に位置する。
- ストック系技術では、多様なデータの統合分析、秘密計算、プライバシー保護データマイニングが有望視されている。
- データ解析技術では、データ保有企業にとっての技術障壁を下げるような支援技術、自動的な知識抽出が期待される




ビッグデータ分析技術の全体構成




技術区分毎の特許出願件数推移

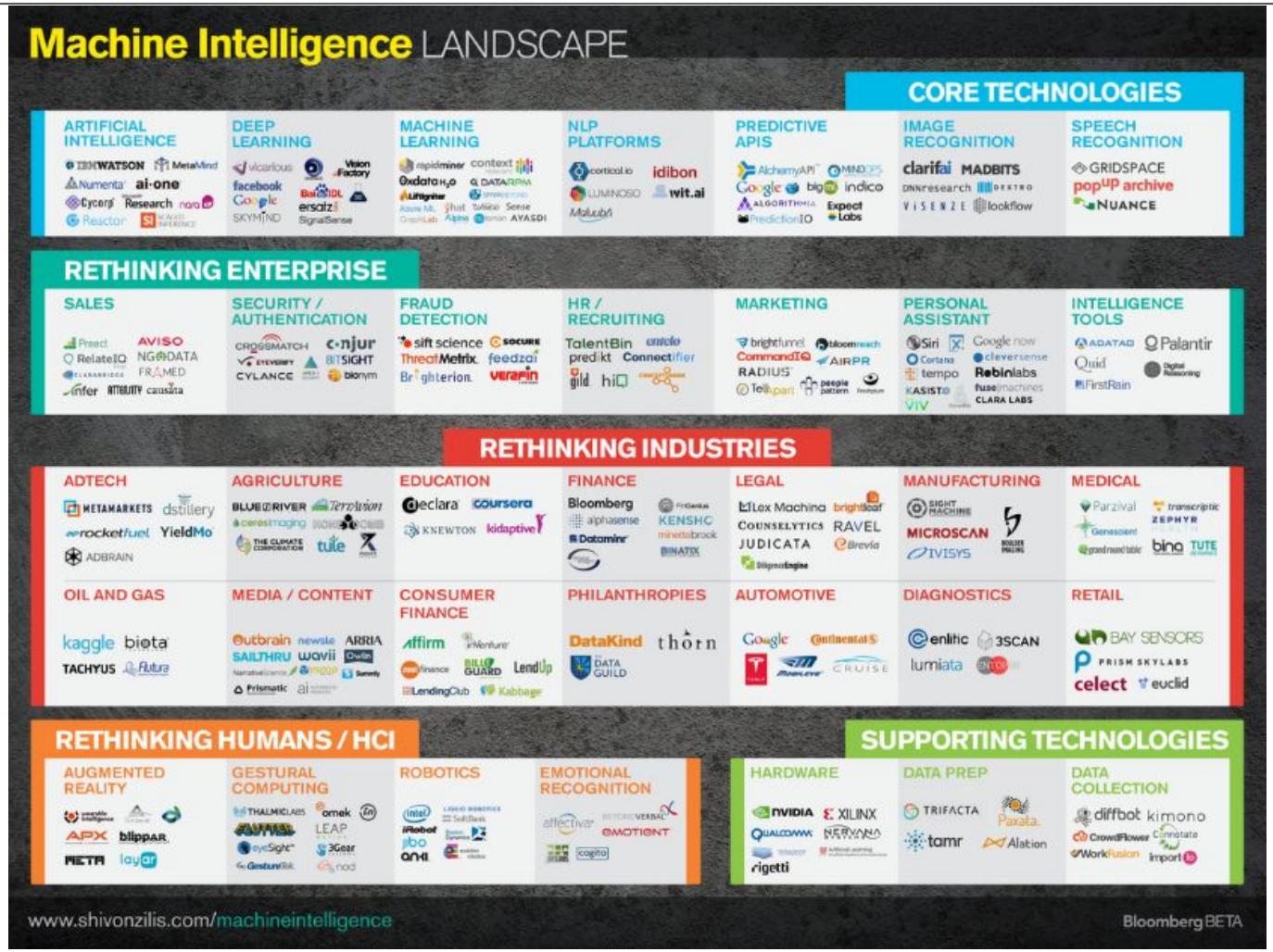
図：特許庁

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# マシーン・インテリジェンス(機械学習＋AI）ランドスケープ 2.0

- マシーン・インテリジェンスは、Virtual worldからPhysical worldに応用が拡大
- 完全自動化を目指すものもあれば、人間のタスクの一部を支援するHuman-in-the-loopシステムもある。
- カナダ政府は、AI冬の時代も、AI研究に継続的に投資し、Geoffrey Hinton, Yoshua Bengio, Yann LeCunなどディープラーニングの巨頭を生み出し、AICML 、CDL※などの企業を生み出している。
- スタートアップ企業は、事業環境の恵まれた国を選択（規制の少ない国でのドローン等実証、新興国におけるヘルスケア事業）




（出典）The current state of machine intelligence 2.0

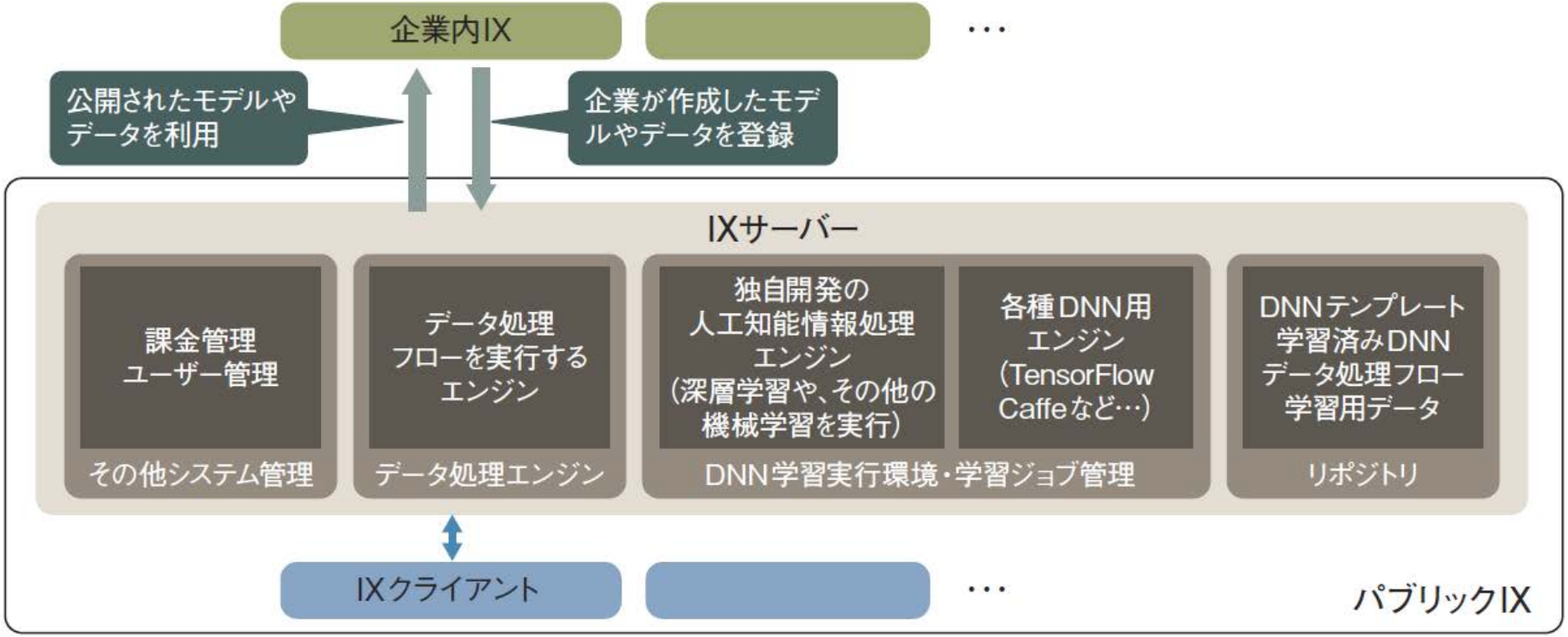
※Alberta Innovates Centre for Machine Learning (AICML) 、Creative Destruction Lab (CDL)

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# Intelligence eXchange (IX) ～AIのネットワーク流通プラットフォーム～

- ニューラルネットワークの学習には膨大な計算リソースが必要である。学習済みのDNNデータは、知性の中核をなすものであり、知財として価値を生み出す。
- 学習済みDNNデータを流通させるプラットフォームを構築することで、学習のための試行錯誤や計算リソースを低減し、AIの開発をと利活用を加速することができる。
- クロスコンパス・インテリジェンスは、学習済みニューラルネットワークが流通する新たな市場創出のためのプラットフォーム「Intelligence eXchange」構想の具体化を進めている。



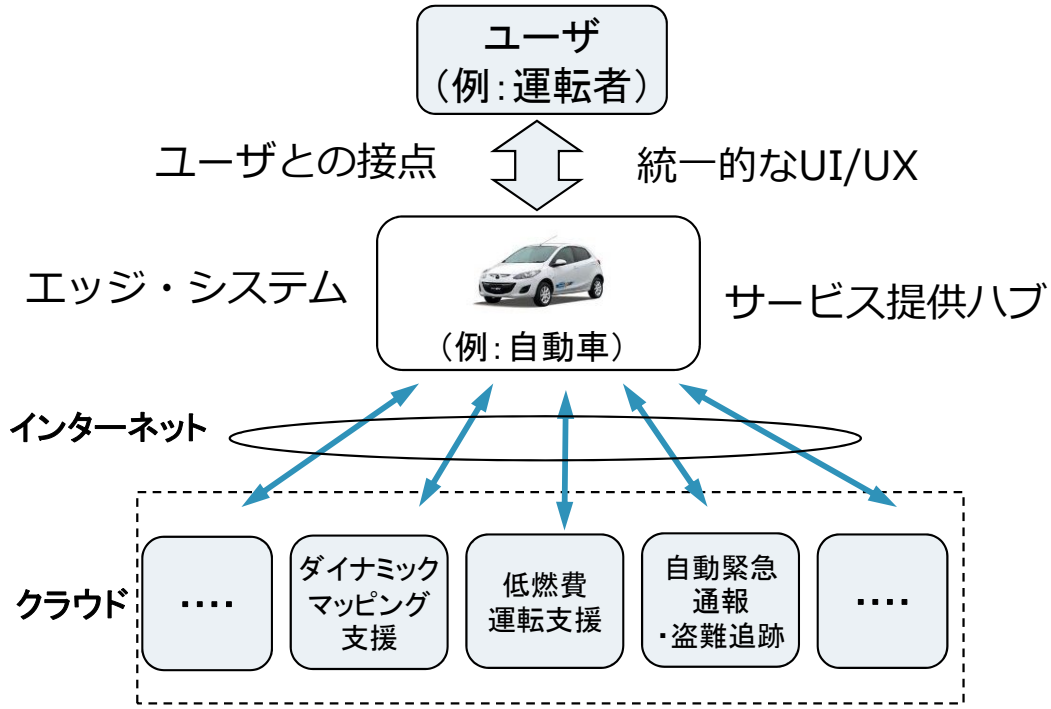

クロスコンパス・インテリジェンスの学習済みニューラルネットワーク・データの流通プラットフォームIX
（出典）日経エレクトロニクス　2016/6月

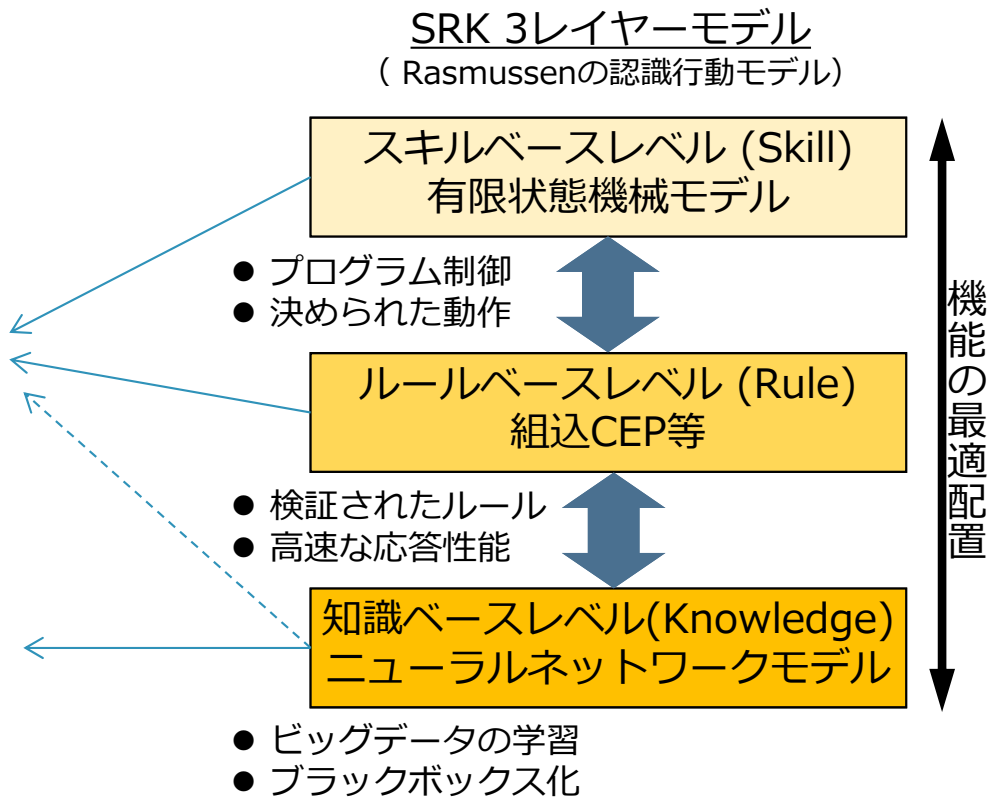
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# エッジ・インテリジェンス　～AIネットワーク・アーキテクチャモデル～

| | |
|---|---|
| **問題・ニーズ** | ● 膨大なセンサーデータ、進化するＡＩ技術をエッジ・システムで活用できていない。<br>● クラウドサービスに対して、ユーザとの接点となるエッジ・システムの価値を最大化したい。 |
| **技術課題** | ● リアルタイム要求、計算リソースなどの制約を考慮し、エッジとクラウドの役割分担による機能の最適配置<br>● クラウドの多様なサービスを組み合わせてユーザに提供するインテリジェント・サービスハブ<br>● AR/VRを活用した統一的なユーザインタフェース/ユーザエクスペリエンスの基盤実現 |
| **戦略の有効性** | ● IoTの構成において、日本の強みであるエッジの組込システムの付加価値を最大化<br>● センサーデータの指数的増大に対して、エッジ/クラウドの役割分担により持続可能な計算モデルを実現 |
| **取組み主体** | ● 協調領域のプラットフォーム開発として国の支援に基づきベンダーが協力して開発する。 |




（出所）NEDO報告書（三菱総合研究所作成）

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

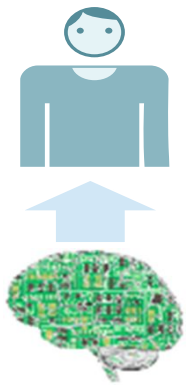
㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# AIとネットワーク化の関係から見た将来像

- 現在、単独で機能しているAIは、ネットワークによるAI同士の協調連携が進み、さらにBMI等の人とAIの通信により、人の能力を強化し、将来的には人とAIが共存する社会が期待される。
- 知的な情報が流通する社会においてセキュアでシームレスなネットワークが求められる。

近年 → 現在 → これから

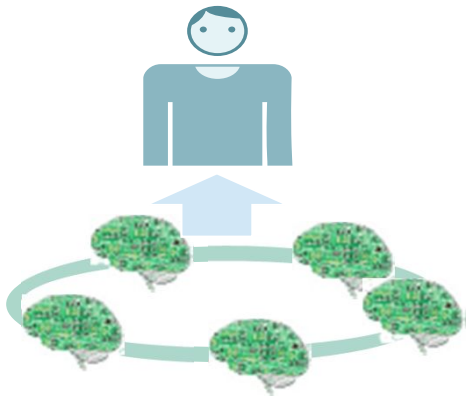
## ①AI単独で人を支援



【例】 画像認識Supervison(トロント大),Google AlphaGo, Watson

【求められる通信】
単一のAIを実現するためのクラウド/エッジ連携のための通信
（エッジコンピューティング通信モデル）

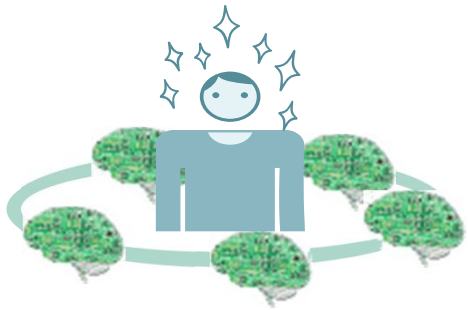
## ②AI相互ネットワーク化 自動調整・自動調和



【例】 アンサンブル学習、ランダムフォレストの発展系、スマートシティと自律運転の連携など

【求められる通信】
低レイテンシー通信の密接な連携が重要になる。また、広域的なセンサーデータを活用する上で、LPWAによるインフラのシームレスな通信が期待される

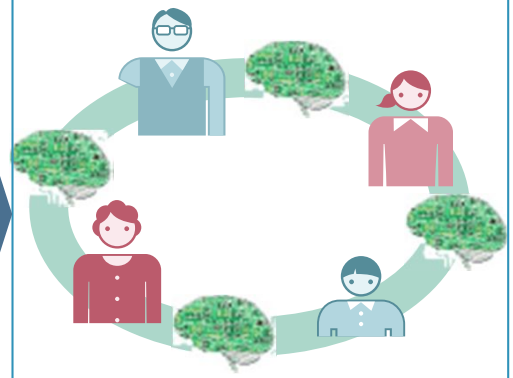
## ③AIネットワークで人が身体的・頭脳的に強化



【例】BMIとAIの連携、Intelligence Augmentation(IA), Decoded Neural Feedback との連携

【求められる通信】
人とAIの密接なセンサーネットワーク、BMI通信などが求められる。

## ④人とAIがネットワークシステムとして共存



【例】 意思決定、知財権、権利と責任に関して調和的な社会の確立

【求められる通信】
様々な知的情報、知財が流通する社会において、ダイナミックで、機動的な通信、かつ、セキュアな通信が求められる。

出典：総務省「AIネットワーク検討会議中間報告書」(MRI調査)を元にMRI作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 2.3 IoTセキュリティ

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# IoTの進展に伴うセキュリティ脅威の変化（俯瞰）

- 60件以上のIoTセキュリティ脅威・インシデントの中から影響度、今後の見通しをもとに、主要なIoT脅威タイプを以下のように分類
  （1）セーフティクリティカルシステムにおける脅威の深刻化
  （2）新たな機器の登場とセキュリティ脅威の拡大
  （3）サプライチェーン、エコシステムの多様化に伴う脅威
  （4）防犯・監視機器等の増加と管理不備に伴う脅威の拡大
  （5）プラントをターゲットにしたStuxnetに続くマルウェアの高度化
  （6）IoT機器における近距離無線通信の浸透に伴う脅威の増大
- 主要な脅威のうち、安全性(Safety)、可用性(Availability)に係るものが多い。

主要なIoTセキュリティ脅威の位置付け

| 分野 | | 影響区分（攻撃により侵害されるセキュリティの性質） | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 機密性（C） | 完全性（I） | 可用性（A） | 安全性（S） |
| コンシューマ系 | 自動車・モビリティ | | | （1）車載システムの脆弱性の悪用性 | |
| | 医療・ヘルスケア機器 | | | （1）高度医療管理機器へのハッキング<br>（2）医療・介護ロボット乗っ取り<br>（7）近距離無線通信の浸透と脅威の増大 | |
| | スマートハウス・家電 | （2）スマート家電の不正通信<br>（7）近距離無線通信の浸透と脅威の増大 | | | |
| 事業者系 | 製造プラント | （3）サプライチェーン攻撃・部品へのバックドア仕込み | | （4）監視カメラ経由の不正侵入 | |
| | エネルギー＆インフラ | | | （6）ICSマルウェアの高度化 | |
| | 産業機器 | | | （2）ドローン乗っ取り | |

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoTセキュリティの取組み俯瞰

● 医療機器、自動車等のセーフティクリティカル分野、重要インフラ分野等で対策が求められている。

| 分野区分 | | | 主体 | 区分 | 国 | 政府の役割 | 取組み名 | IoT脅威への対応・特徴等 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 分野横断 | | | CSA | 民間 | 米国 | NISTが協力 | Security Guidance for Early Adopters of the Internet of Things | 分野横断的に、IoTで特に求められるセーフティ、プライバシー等の脅威と対策を体系的に示す。 |
| 分野横断 | | | FTC | 政府 | 米国 | 策定主体 | IoT:Security & Privacy in a Connected World | 消費者機器に関してベンダー向けの重要な3つの施策(1)データセキュリティ(2)データ保持の最小化(3) システムの透明性の確保を示す。 |
| 分野横断 | | | SESAMO | 官民 | EU | 研究開発ファンディング | SESAMO Integrated Design and Evaluation Methodology | セーフティとセキュリティ・エンジニアリングのベストプラクティスを統合したプロセスを目指した設計評価手法を提供する。 |
| 分野横断 | | | NSTAC | 政府 | 米国 | 策定主体 | NSTAC Report to the President on the Internet of Things[Draft] | 2014年11月に出されたレポートで、安全保障と緊急時即応準備の観点からIoTについて分析し、政府として取るべき施策（IoT定義の明確化、統合タスクフォースの立ち上げ等）を提言する。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 自動車 | C2C-CC | 民間 | EU | ECと連携 | Trust Assurance Levels (TAL) and certification | 自動車のネットワーク化（V2X）の進展において、メッセージの認証だけでなく、通信相手自体の信用レベルを評価する基盤を構築する。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 自動車 | NHTSA | 政府 | 米国 | 推進主体 | NIST Technology Cybersecurity Risk Management Framework Applied to Modern Vehicles | 汎用のNISTリスク管理フレームワークに基づき、自動車のセーフティを考慮し、CIAの観点でリスクの管理法を示している。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 自動車 | ISO | 国際 | 国際 | メンバー国として参加 | ISO 26262 Road vehicles — Functional safety | 自動車分野のセキュリティ脅威の拡大に対応し、車載セキュリティを考慮した機能安全の改訂を進めている。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 医療機器 | FDA | 政府 | 米国 | 策定主体 | Content of Premarket Submissions for Management of Cybersecurity in Medical Devices | NISTのサイバーセキュリティフレームワークに従い、医療機器のメーカに対して、Identify, Protect, Detect, Respond, Recoverに沿ったサイバーセキュリティ機能を示している。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 医療機器 | NIST | 政府 | 米国 | 研究開発及び策定主体 | Cybersecurity Practice Guide, SP 1800-1(Electronic Health Records) | ヘルスケア事業者に対して、モバイルデバイス上のヘルスケアデータ（患者情報等）を保護するためのソリューション例を示している。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 医療機器 | FDA | 政府 | 米国 | 策定主体 | Cybersecurity for Networked Medical Devices Containing Off-the-Shelf Software | ネットワークに接続される OTS（Off-The-Shell）ソフトウェアを組み込んだ医療機器の脆弱性に対処するために、メーカ側に求められる保守作業等に関するガイダンスを示している。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 家電・スマートハウス | ENISA | 政府 | EU | ガイドラインの取りまとめ | Threat Landscape and Good Practice Guide for Smart Home and Converged Media | スマートホームに関する脅威、脆弱性、セキュリティ対策に関するグッドプラクティスをまとめている。アーキテクチャ、デバイス、ネットワーク等の対策を示す。 |
| 分野固有 | 消費者向け | 家電・スマートハウス | Allseen Alliance | 民間 | 米国 | スポンサー協力 | IoT Security 2.0 | スマートホームの通信の暗号化、認証によるセキュリティを強化するためのフレームワークを定義。オープンソース化されている。 |
| 分野固有 | 事業者向け | 産業機械 | NDIA | 民間 | 米国 | 会員として協力 | CYBERSECURITY for ADVANCED MANUFACTURING | サプライチェーンの多様化に伴う工場の技術情報の流出リスクを防止するガイドラインを示す。 |
| 分野固有 | 事業者向け | 産業機械 | DMDII | 民間 | 米国 | DoDが協力 | Cyber Security for Intelligent Machines | デジタルマニュファクチャリングにおける機器監視、資産管理のためのセキュリティガイドラインを示す。 |
| 分野固有 | 事業者向け | エネルギー＆インフラ | NIST | 政府 | 米国 | 策定主体 | NISTIR 7628 Guidelines for Smart Grid Cyber Security | NIST SP800-53 rev.4、NERC CIP StandardなどNISTの既存のガイドラインや他機関のガイドラインを参照し、スマートグリッドに必要となる要件を追加している。 |
| 分野固有 | 事業者向け | エネルギー＆インフラ | NRC | 民間 | 米国 | 政府が承認 | NERC-CIPv5 | 大規模電力システムの信頼性に責任を持つ事業者が遵守しなければならないセキュリティ対策の基準であり、規制官庁であるFERCの承認を受けて義務化されている。 |
| 分野固有 | 事業者向け | 製造プラント | Industrie 4.0 WG | 政府 | ドイツ | 推進主体 | Industrie 4.0 network safety and security | Industrie4.0におけるスマート製造システムの実現における安全性とセキュリティについてのガイドライン。製造業各社における安全性とセキュリティ強化のための行動指針が示されている。 |
| 分野固有 | 事業者向け | 製造プラント | IIC | 官民 | 米国 | ガイドラインの取りまとめ | IIC Security Working Group | 会員企業に向け、普遍的なセキュリティフレームワークを定義し、また産業インターネットのセキュリティを評価する方法論を示す。 |

凡例：政府主体、民間主体

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved



㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# （1）セーフティクリティカルシステムにおける脅威の深刻化

- セーフティクリティカルシステムのオープン化、ネットワーク化により人命に係るセキュリティ脅威の拡大する。
- セーフティとセキュリティを統合的に確保する仕組みが求められている。

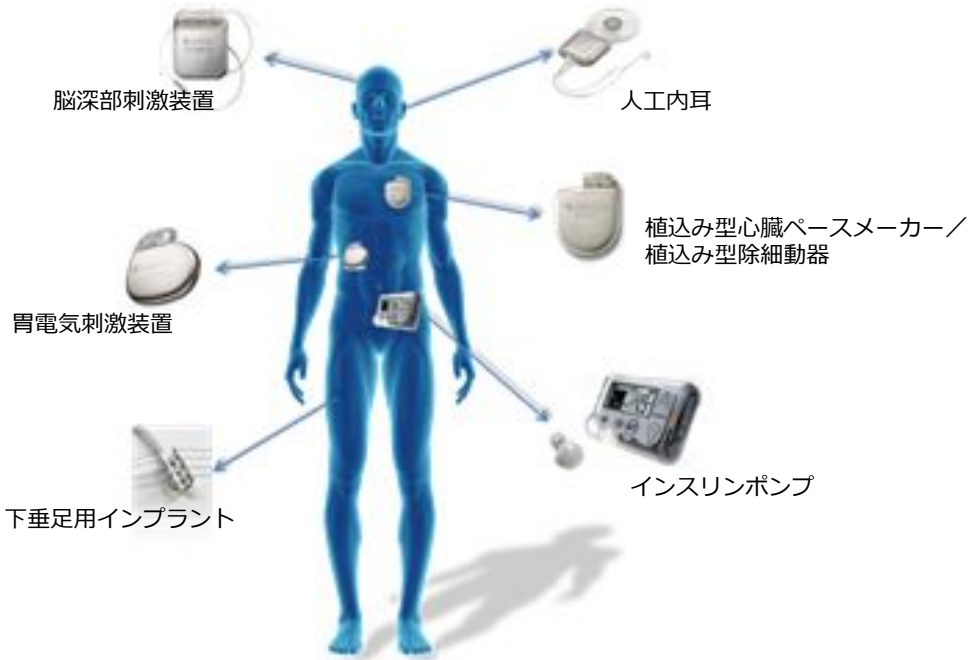
車載情報システムの脆弱性を悪用した制御に係る脅威

- スマートフォンを利用して、エンジンを始動したり、GPSで自分の車を追跡するためのコネクテッドカーシステム「Uconnect」（クライスラー製）に脆弱性がみつかる。
- 研究者が、脆弱性を利用し、ブレーキの操作と解除、エンジンの停止、ステアリングに干渉、バック中にはハンドル操作の奪取など深刻な脅威を実演された。
- クライスラーは、パッチを公開したが、オーナーが手作業でインストールすることが必要なため、対応が遅れる。
- クライスラーは、140万台のリコールに追い込まれる。

車載情報機器「Uconnect」。タッチパネルを搭載するモデルに脆弱性が存在
（出所：FCA US）

ペースメーカー等の高度医療管理機器へのハッキングの脅威

- ペースメーカー/ICD（植込み型除細動器）/インシュリンポンプ等の高度医療管理機器（クラスIII, IV）へのハッキングが可能であることを研究者などが発表
- 米会計検査院（GAO）は、植込み型医療機器へのハッキングの研究発表を基に米国食品医薬品局（FDA)に対策を勧告(2012)
- FDAは、医療機器のサイバーセキュリティ管理に関するガイドラインを策定（三菱総合研究所　医療機器セキュリティ調査報告書）
- 無線通信を利用した植込み型医療機器の市場は拡大傾向の見通し




無線通信機能が備わった植込み型医療機器の例
（出所：MIT/IMD Shieldプロジェクトに MRI編集）

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# （２）新たな機器の登場とセキュリティ脅威の拡大

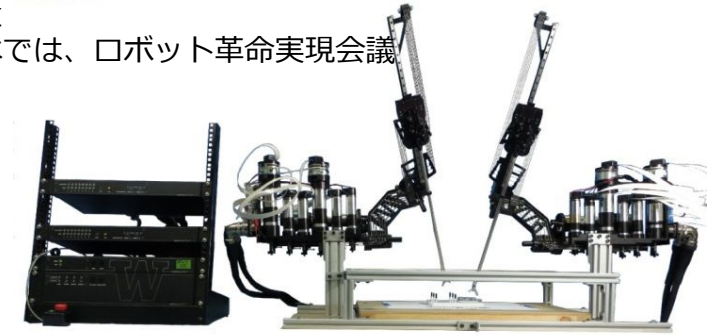
- ドローンや医療・介護ロボットなどネットワーク接続を前提とした新たな機器の登場によるセキュリティ脅威が拡大する。
- スマート家電等のIoT機器の7割にセキュリティ上の問題あり。ユーザのセキュリティ・リテラシーは不十分である。

ドローン、医療・介護ロボットなど新しい機器の登場と潜在脅威

- パロット社製「AR.Drone2.0」に対して、操作用スマートフォンから偽アプリを利用してマルウェア「HSDrone」の感染によるホバリング操作の乗っ取り
- 感染しているドローンのネットワーク域に他のドローンが入ってきたら、無線LANを使ってさらに感染を広げることができる。

（出所：パロット社「AR.Drone2.0」）

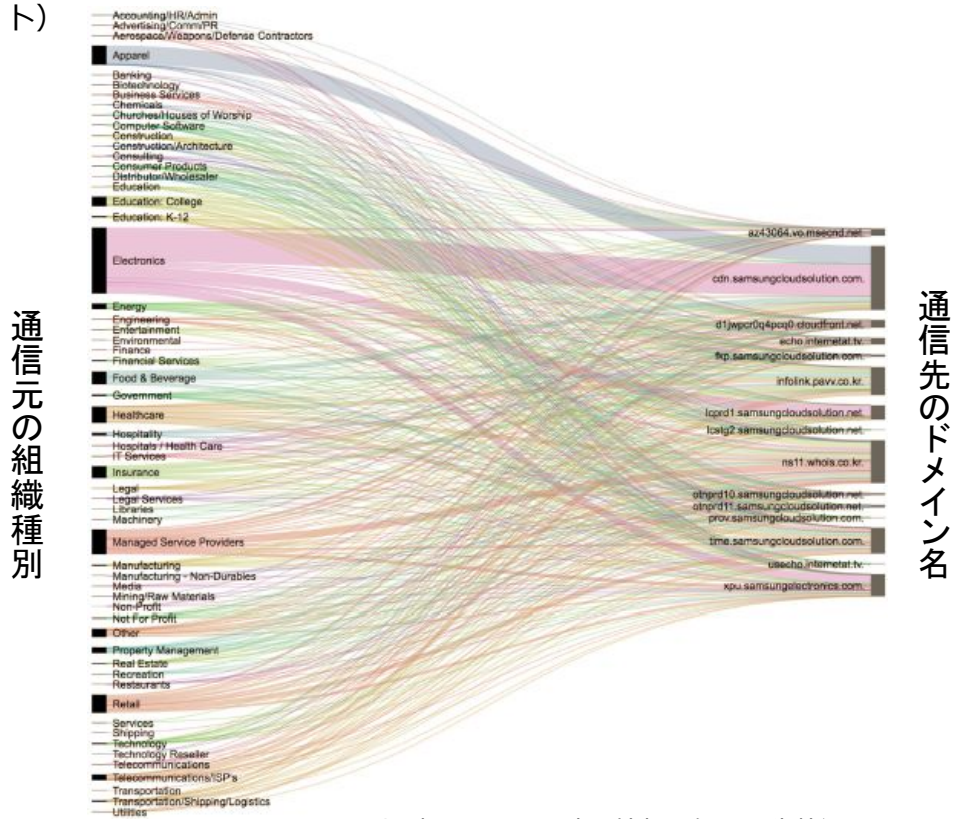
- MITが開発した医療用遠隔手術ロボットRavenⅡを乗っ取り、動作を不安にさせる
- 通信規格をオープンに公開することで、乗っ取りが容易な状態のまま放置
- 日本では、ロボット革命実現会議



（出所：MITテクノロジー「RavenⅡ」）

セキュリティの配慮の低いIoT機器の増加

- IoT機器の70%に脆弱性が存在、機器あたり25の脆弱性の存在し、認証、暗号化等の不備が多い（HP調査レポートInternet of Things Security Study: Smartwatches、2014/7）
- Samsung SmartTVなど多くの機器で、非使用時に外部とのサーバ通信（下図）。利用者が認識しない通信により攻撃を受けても気が付かない可能性や、プライバシー侵害の可能性がある（Open DNSレポート）




Samsung Smart TVを視聴していない時の外部通信の発生状況

（出所：OpenDNS, The 2015 Internet of Things in the Enterprise Report）

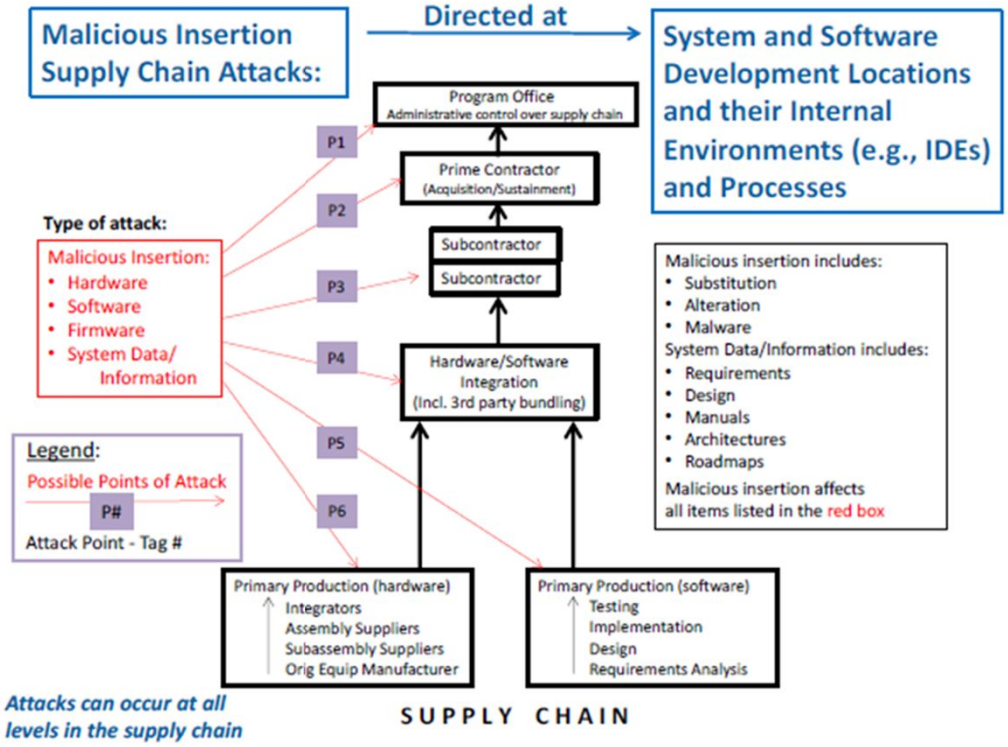
三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# （3）サプライチェーン、エコシステムの多様化に伴う脅威

- IoTの進展によりサプライチェーン、エコシステム等の多様化が進み、不正コード、脆弱性混入の脅威が増大
- IoT機器のライフサイクルプロセス全体を通じた企業の受発注、取引関係におけるセキュリティ確保が必要

- 防衛産業における偽造マイクロチップ
  米国企業、政府における中国において偽造されたCiscoルータの導入事件（Marine Corps, Air Force, FAA, FBI等）、米海軍が中国製偽造マイクロチップの調達により、ミサイルシステムの武装解除に至る
  （GAO, IT SUPPLY CHAIN National Security-Related Agencies Need to Better Address Risks)
- サプライチェーンの内、中小企業が攻撃ターゲット
  洗練された攻撃者は、大企業のサプライチェーンやビジネスエコシステムを構成するセキュリティ対策の緩い中小企業をターゲットに攻撃する。企業における知的財産、営業秘密等の窃盗が、2014年に急増
  (PwC, The Global State of Information Security Survey 2015)
- サプライチェーンにおいて、リソースの限られた中小企業がサイバーセキュリティ上の最大の弱点となっている。Verizon 2014 Data Breach Investigation Reportでは、サイバーインシデント全体のうち92%は中小企業によるものである。
  （CERT-UK, Cyber-security risks in the supply chain）
- ENISA Supply Chain Integrity
  - 開発、出荷、運用時の意図的な改ざん
  - 納品前、納品時に偽造部品に置き換え
- NISTIR
  - サプライチェーンの過程で、意図的、非意図的な脆弱性の挿入。
  - 攻撃者は、脆弱性を悪用し不正コンテンツの挿入、データの窃盗、システム障害の誘発
- BAH
  - 部品コストの低減により、サプライヤーから要求水準を満たさない偽造品の提供
  - マイクロチップ、ファームウェア、ソフトウェアの部品供給者がロジック爆弾、バックドア、スパイウェアを挿入。




米連邦政府システム調達におけるサプライチェーンリスクの俯瞰図
（出所：BAH, Managing Risk in Global ICT Supply Chains）

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# （4）防犯・監視カメラ等の増加とその管理不備に伴う脅威の拡大

- 守るための防犯・監視カメラが侵入ルートとして悪用される脅威が深刻化
- Ｇ７サミット、東京オリンピック・パラリンピック等におけるテロ攻撃のターゲットとして脅威が拡大

■ 都市部監視カメラにセキュリティ上の問題（英国）

➢ 無線ネットワークで接続される監視カメラの映像が、容易にネットワーク盗聴が可能。
➢ 緊急出動に活用されるカメラに対して偽の映像を流し、別の場所の犯罪の隠れ蓑にするテロ攻撃も可能。
➢ ネットワーク上に偽の中継器を仕込むことで、望んだ通信路に映像データを送信可能。
（Kaspersky Lab, 2015）

都市部の監視カメラ（参考画像）

■ 監視カメラが石油パイプライン爆発事故の侵入経路に（トルコ）

➢ トルコの石油パイプラインの爆発事故の侵入経路として、パイプラインに設置されていた監視カメラのソフトウェア脆弱性を利用して、内部ネットワークに侵入された。
（右図、CSSC制御システムセキュリティセンター参考画像）

■ 街頭防犯カメラは増加傾向（国内）

➢ 警察による街頭防犯カメラは増加傾向。
➢ 訪日外国人の増加、伊勢志摩サミット、東京オリンピック・パラリンピック等を控え、防犯・監視カメラは増加予想。

街頭防犯カメラの設置台数推移（日本）（出所：日経Bizアカデミー）

プラント事故参考画像（CSSC「制御システムセキュリティの脅威と対策の動向およびCSSCの研究概要について」から転載）

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# （5）IoTボットネットMiraiによる大規模DDoS攻撃が拡大

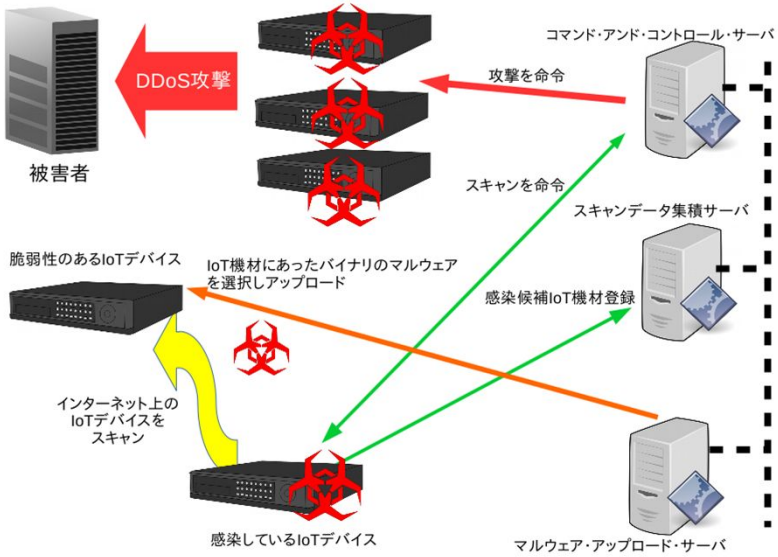
- IoTボットネットMiraiによりインターネット史上最大級のDDoS攻撃(1.1Tbps)が発生
- 脆弱性を放置したIoT機器が多数存在しボットネットに組み込まれることでDDoS攻撃が広帯域化
- IoTボットネットMirai以外の広帯域DDoS攻撃も国内外にわたり多発発生

| 攻撃対象 | フランスのWebホスト会社OVH |
|---|---|
| 発生日時 | 2016年9月19日 |
| 影響・被害 | フランスのWebホスト会社OVHへのDDoS攻撃で1.1Tbpsを記録。9月20日にBrian Krebs' security blog に対して同様なDDoS攻撃が行われ、その際は620Gbpsを記録した。ブログは24時間以上アクセス不能になった。これらの攻撃に使われたIoTボットは320,000台を超えた。 |
| 原因・攻撃手法 | IoTボットネットMiraiはインターネット接続をしている脆弱性を持ったIPカメラ、デジタル・ビデオ・レコーダー、家庭用ルータなどを探しだしボット化し、攻撃ノードとして利用し広帯域のDDoS攻撃を行う。脆弱性をもったまま運用されているIoT機材が多数存在し、またボットの攻撃に利用されることが大きな脅威となっている。 |

【参考】
- Heightened DDoS Threat Posed by Mirai and Other Botnets
- https://www.us-cert.gov/ncas/alerts/TA16-288A

**IoTボットネットの攻撃ステップ**

1. 脆弱性があり感染可能なIoT機材を見つけ出し、結果を記録専用サーバに送信する
2. マルウェアアップロード専用サーバからIoT機材にあわせたマルウェアのバイナリを送り込む
3. C&Cサーバからボット化したノードに命令を送る(攻撃・スキャン・停止など)




IoTボットネットMiraiの全体像

(参考) https://github.com/jgamblin/Mirai-Source-Code

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

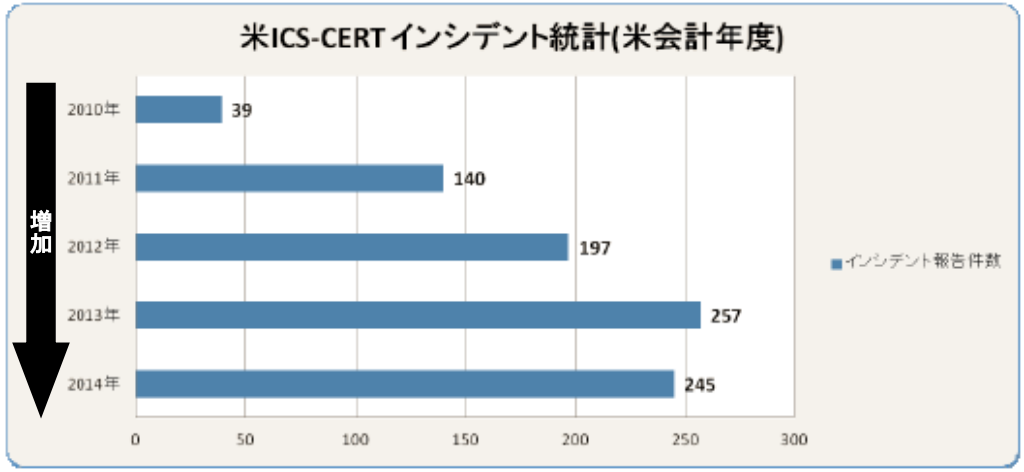
# （6）プラントをターゲットにしたStuxnetに続くマルウェアの高度化

- プラントをターゲットとしたマルウェアStuxnetの出現後も、高度なマルウェアが出現し、インシデントは増加傾向
- インターネットの直結されたプラントが多数存在し、脅威の原因となっている。

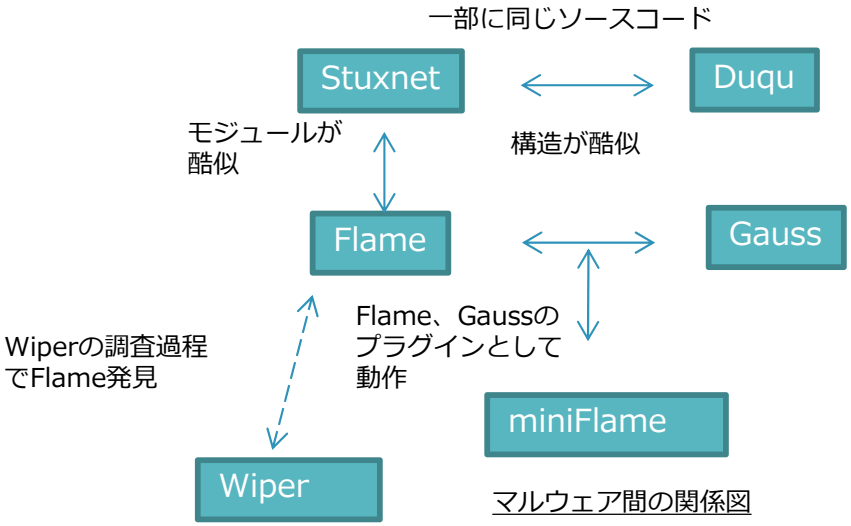
Havex RAT (2014年6月)
- 欧米のエネルギー企業等のプラントを狙ったマルウェア
- 水飲み場攻撃やスパムを感染源とする。
- 遠隔操作用のマルウェアで、プラグインによりOPC機器の情報を収集する。
- 計測制御に対する影響は報告されていない。(JPCERT/CC)

BlackEnergy 2（2014年10月）
- ICSに侵入する高度のマルウェア(ICS-ALERT-14-281-01B)
- 米国の複数の企業のHMI搭載コンピュータがマルウェアに感染
- 感染コンピュータは、インターネット接続されるHMI
- 計測制御に対する影響は報告されていない。(JPCERT/CC)

Stuxnet以後にも、国家が絡むとされる高度なマルウェアが出現




米ICS-CERTによるインシデント（セキュリティ事故）統計推移




マルウェア間の関係図

（出所：三菱総合研究所作成）

| プロトコル/機器 | ポート番号 | 台数 |
|---|---|---|
| HVAC/BACNe | | 13,475 |
| Serial-to-Ethernet gateway | | 204,416 |
| Siemens SIMATIC/ICCP | 102 | 3,477 |
| MODBUS/TCP | 502 | 16,066 |
| DNP3 | 20000 | 625 |
| Ethernet/IP | 44818 | 4,522 |
| BACNet | 47808 | 11,553 |
| Total | | 2,186,971 |

インターネットに直結されたプラント用機器
（出所：制御システムセキュリティの現在と展望2015, JPCERT/CC）

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# （7）IoT機器における近距離無線通信の浸透に伴う脅威の増大

- IoTにおいて用いられる各種の近距離無線通信方式には、暗号化や認証機能が設けられているものの、方式や製品の脆弱性や不適切なセキュリティ設定により、以下のような脅威が想定される。
- 【近距離無線通信における脅威】
- 機器間の通信やアクセスポイント等における情報摂取
- 機器やアクセスポイントに対する不正アクセス
- 利用者端末へのなりすまし

機器間の通信やアクセスポイント等における情報摂取

- パロット社製「AR.Drone2.0」に対して、操作用スマートホームで使用されることが多い無線通信z-waveのプロトコルの脆弱性あり。研究者が128ビットAESで暗号化された通信を解読し、スマートロックを解除するデモを発表。

出所）https://code.google.com/p/z-force/

機器やアクセスポイントに対する不正アクセス

- 無線で操作可能なホームオートメーションの8製品（スマートホームコントローラ、電源コンセント、暖房、メディアアダプタ、スマートトイレ等）に対して評価を実施
- 有効な不正アクセス対策が取られていたのはごくわずかで、殆どの機器に不正操作が可能

出所）
https://media.blackhat.com/us-13/US-13-Crowley-Home-Invasion-2-0-WP.pdf

**IoTで用いられる主な近距離通信技術**

| システム | 周波数 | 通信距離 | 通信速度 | アプリケーション | セキュリティ機能 |
|---|---|---|---|---|---|
| **無線LAN (IEEE802.11b/g/a/n)** | 2.4GHz /5GHz | 100m程度 | 11M、54M、600Mbps | ・一般情報機器<br>・スマート家電<br>・医療機器 | 暗号化・認証（WPA/WPA2等） |
| **特定小電力無線<br>- Wi-SUN<br>- Z-Wave** | 400MHz /920MHz (等) | 数10m-数km程度 | (920MHz帯) 100kbps | ・スマートメータ<br>・スマート家電<br>・医療機器 | Z-wave: AES-128ビット暗号化<br>Wi-SUN：PANA方式認証 |
| **IEEE802.15.4<br>- ZigBee<br>- Wireless HART<br>- ISA100** | 2.4GHz | 30m | 250kbps | ・スマートメータ<br>・スマート家電<br>・産業センサーネットワーク、監視 | AES-128ビット暗号化 |
| **Bluetooth** | 2.4GHz | 10-100m | 24Mbps (Bluetooth3.0+HS) | ・一般情報機器<br>・スマート家電 | 暗号化（ペアリング）、認証（Passkey entry, Numeric comparison等） |

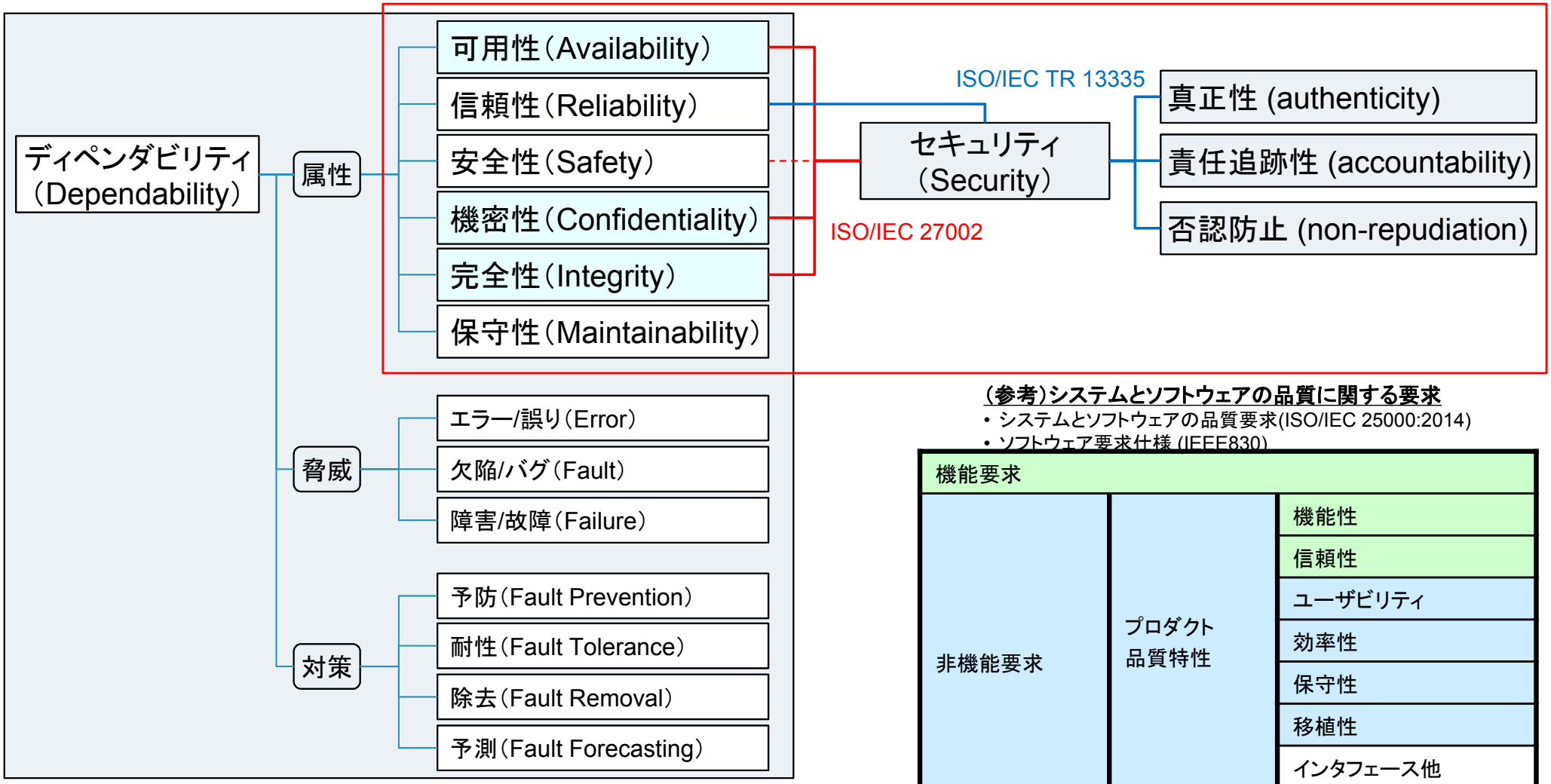
Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# セキュリティとディペンダビリティに係る概念と関係整理

■ セキュリティの定義
- （基本） 情報の機密性(C)、完全性(I)、可用性(A)を維持すること （ISO/IEC 27002）
- （拡張） 真正性 (authenticity)、責任追跡性 (accountability)、否認防止 (non-repudiation)、信頼性 (reliability) （ISO/IEC TR 13335の拡張）

■ ディペンダビリティの定義
サービスを正当に信頼できるように提供する能力（A. Avizienis、J. C. Laprie等）




**（参考）システムとソフトウェアの品質に関する要求**
- システムとソフトウェアの品質要求(ISO/IEC 25000:2014)
- ソフトウェア要求仕様 (IEEE830)

| | | |
|---|---|---|
| 機能要求 | | |
| 非機能要求 | プロダクト品質特性 | 機能性 |
| | | 信頼性 |
| | | ユーザビリティ |
| | | 効率性 |
| | | 保守性 |
| | | 移植性 |
| | | インタフェース他 |
| | 外部環境等 | 設計制約、資源、生産性 |

A. Avizienis, J.-C. Laprie, B., ISO/IEC 27002, ISO/IEC TR13335等を元に三菱総合研究所作成

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# C2C-CC 信用保証レベル　Trust Assurance Levels (TAL)　Model

- V2Xシステム（車車間通信、路車間通信）で、通信相手をどれだけ信用できるか判断する仕組み
- 通信相手の認証だけでなく、その相手が求められるセキュリティ基準をどの程度満たしているか信用保証レベルにより確認できるようにする。
- Common Criteria(ISO/IEC 15408)のフレームワークに基づいており、TAL に対応したPP (Protection Profile) が開示され、サプライヤー等は、PP を参照して製品を製造する。

| Trust Ass. Level (TAL) | Requirements | | | Implications | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minimum Target of Evaluation (TOE) | Minimum Evaluation Assurance Level (EAL) | Minimum (Hardware) Security Functionality | Prevented (Internal) Attacker acc. to CC | Potential Security Implications | C2X Use Case Examples |
| 0 | None | None | None | None | Not reliable against security attacks in general | Some limited,e.g. using trusted C2I infrastructures |
| 1 | + ITS Station software | EAL 3 | Only software security mechanisms | Basic | Not reliable against simple hardware attacks (e.g., offline flash manipulation) | Non-safety, but most privacy relevant use cases |
| 2 | + ITS Station hardware | EAL 4 | + dedicated hardware security, i.e., secure memory & processing) | Enhanced Basic | Not reliable against more sophisticated hardware attacks (e.g., side-channel attacks) | C2C-CC day one use cases (e.g., passive warnings and helpers) |
| 3 | + private network of ECUs | EAL 4+ (AVA_VAN.4 vulnerability resistance) | + basic tamper resistance | Moderate | C2X box secure as stand alone device, but without trustworthy in-vehicle inputs | Safety relevant relying not only on V2X inputs |
| 4 | + relevant in-vehicle sensors and ECUs | EAL 4+ (AVA_VAN.5 vulnerability resistance) | + moderate – high tamper resistance | Moderate – High | C2X box is trustworthy also regarding all relevant in-vehicle inputs | All |

Minimum Level

信用保証レベル（TAL）と要求事項等

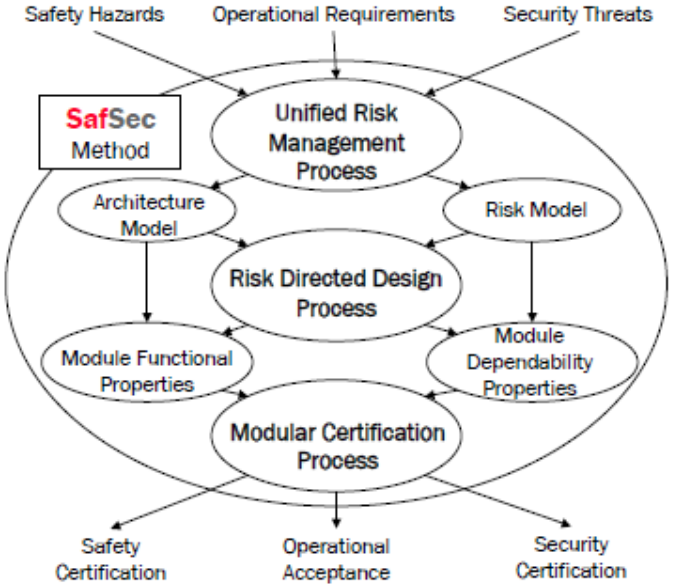
（出所：Operational Security, Working Group Security Task Force: In-vehicle Security and Trust Assurance Level)

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# セーフティとセキュリティの統合化の取組み

- SafSec（英国）：既存の安全規格(Def Stan 00-56)とセキュリティ規格(コモンクライテリアISO/IEC 15408)の共通部分を統合化し、効率的にセーフティとセキュリティの対策と認証取得を実現する。
- SESAMO（EU）：セーフティとセキュリティ・エンジニアリングのベストプラクティスを統合したプロセスを目指した設計評価手法。アーキテクチャレベルのセーフティとセキュリティの統合により生じる根本原因に対処する。

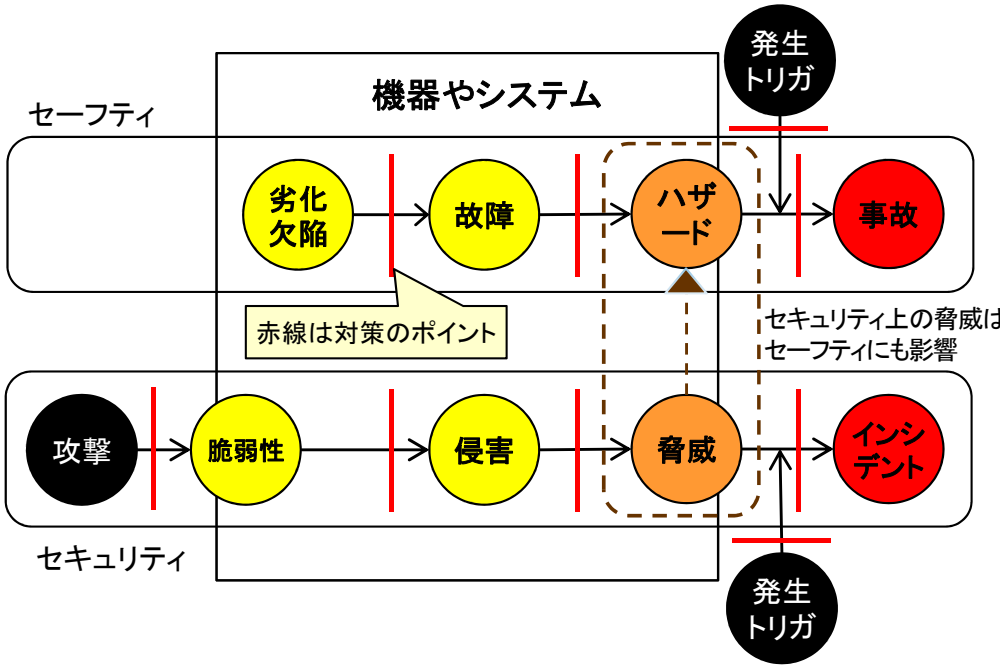



出所：SafSec: Commonalities Between Safety and Security Assurance

セーフティとセキュリティの概念対応表

| セーフティ | セキュリティ | SafSec（統合手法） |
|---|---|---|
| SIL(要求レベル) | EAL（保証レベル） | アシュアランス要求 |
| FTA, FMEA | 脅威/脆弱性分析 | 原因分析 |
| セーフティ・ケース | ST（セキュリティ・ターゲット） | ディペンダビリティ・ケース |
| 安全要求 | セキュリティ・オブジェクト | ディペンダビリティ要求 |
| ハザード | 脆弱性 | ロス |
| 頻度×深刻度 | 頻度×深刻度 | リスク |

SESAMOアプローチの特徴：
- セーフティとセキュリティの統合的な分析手法
- セーフティとセキュリティを実現する構成的な手法
- セーフティとセキュリティ・メカニズムの相互依存性を低減し、統合的にそれらの性質を保証する
- セーフティ＆セキュリティ・クリティカル・システムにおいて、包括的な設計手法と統合的な分析手法を活用したツールチェーン




出所：英国RSSB「The Yellow Book」及びSESAMOプロジェクト「SECURITY AND SAFETY MODELLING FOR EMBEDDED SYSTEMS」を基に作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoTによる環境変化とセキュリティ対策の方向性

- IoTの進展により、情報処理から「モノ」の制御へのITの活用範囲は拡大した。
- これに伴い、従来の情報に係わる損害（情報漏洩等）から人命に係わるセーフティの脅威へとリスクは拡大している。
- 従来の「情報」セキュリティから、「 IoT 」セキュリティへと「**サイバーセキュリティの再定義**」が求められている。

## IoTによる環境変化、新たな脅威と期待される取組み

| 産業分野 | | IoTによる環境変化 | 新たな脅威 | 今後の方向性 |
|---|---|---|---|---|
| コンシューマ系 | 自動車 | • ITS情報、インタネットを活用した渋滞回避、自動走行支援<br>• 車車間通信、路車間通信を利用した走行最適化 | ・CAN OBD-IIへの攻撃、直接接続によるハンドル・アクセル、ブレーキの異常動作<br>・遠隔イモビライザーの不正操作 | • ISO 26262改訂において車載セキュリティ検討、機能安全にセキュリティの組込み<br>• セーフティ・セキュリティのデュアル認証 |
| コンシューマ系 | 医療・ヘルスケア | • 活動量等のバイタルデータの集約と利活用の促進<br>• ヘルスケアデータの個人特定性低減と2次利用 | ・インシュリン・ポンプへのハッキングによる異常動作のリスク警告<br>・活動量データ、プライバシーデータの漏洩 | • クラウド、デバイスの進化に対応したセキュリティガイドライン<br>• セキュリティ要件STIG等の普及<br>• 脆弱性情報管理、アップデート |
| コンシューマ系 | スマートハウス | ・家電・エアコンの自動制御<br>・エネルギー管理・最適化(HEMS) | ・電力ネットワークへの不正侵入の入口としてHEMSへの攻撃<br>・生活スタイルなどプライバシー情報漏えいリスク | ・境界防御・深層防御アーキテクチャ<br>・電力制御系とエンタメ系のネットワーク・セグメンテーション |
| 事業者系 | インフラ | • 機器運用データの分析に基づく運用設定の最適化によるエネルギー効率向上 | ・Stuxnetによるイラン核施設の異常動作 | • 評価認証基準　IEC62443(汎用), WIB(石油化学)、NEC CIP(電力システム)等の導入<br>• ネットワーク多層防御 |
| 事業者系 | 航空・鉄道等 | • 国産初のジェット旅客機　三菱航空機「MRJ」の登場と裾野産業の拡大、サプライチェーン最適化<br>• 飛行計画最適化　Predix<br>• 機器の故障予測に基づき、部品交換の効率化 | • エアバスA350-900型機の電子システムへの不正アクセスのリスク<br>• GAOによるFDAに対する航空機脅威の警告 | • アクセス制御、トラスト認証<br>• 脆弱性対策 |
| 事業者系 | 製造プロセス | • FA運転の最適化<br>• FA部品の故障予測と部品交換の効率化 | • ダイムラー自動車工場プラントへのワーム感染による停止 | • データプラットフォームのセキュリティ、プライバシー確保 |
| 事業者系 | 農業 | • センサーデータに基づく作物の多収化、省電力、大規模生産の実現 | • センサーデータ共有システムの障害による農作業の中断 | • データプラットフォームのディペンダビリティ<br>• データプラットフォームのインタフェース標準化 |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 2.4 IoTプラットフォーム

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# IoTプラットフォームの事例（プラットフォームの分類）

- IoTエコシステム(サービス事業者、ベンダー、利用者等)において共通して利用できる基盤
- プラットフォームを介してIoTエコシステムを形成することにより付加価値を産み出す。
- 異なる分野を融合することで新しい価値を産み出す。ネットワーク効果を活用して、他分野への展開を図る。
- システム基盤とビジネス基盤があり、両面に跨るものも存在する。
- システムプラットフォームは上下方向、ビジネスプラットフォームは横方向の連携を実現する。

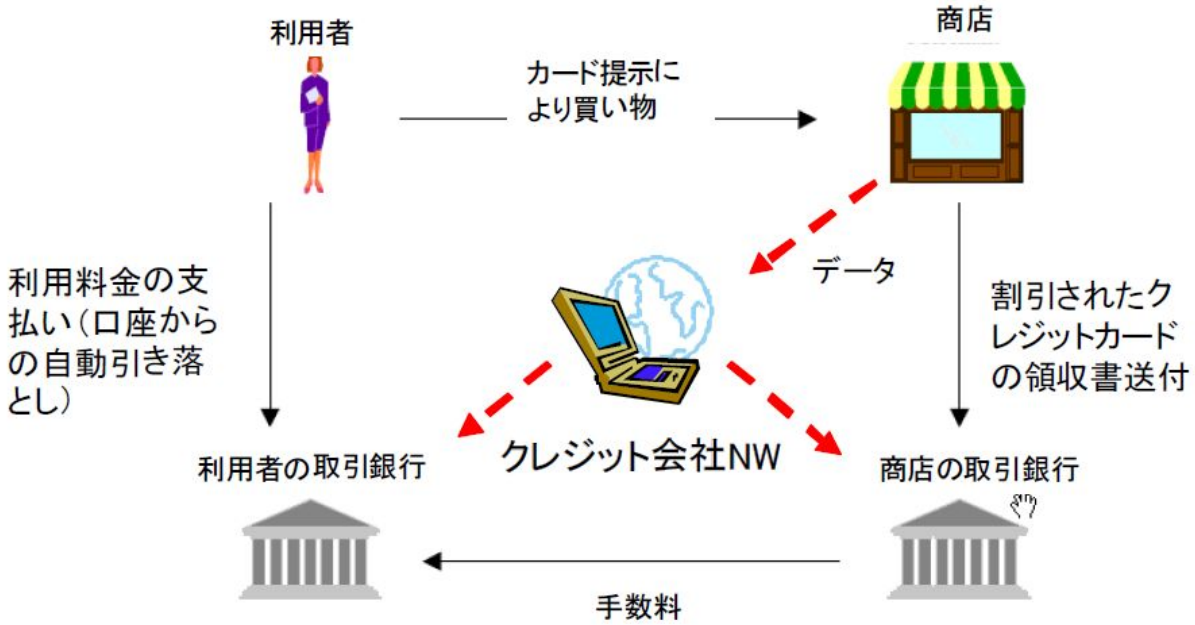
| 区分 | | プラットフォーム | 種類 | 主体 | IoTエコシステム、提供理由 |
|---|---|---|---|---|---|
| システム・プラットフォーム | | ARM | CPUアーキテクチャ | ARMホールディングス | Qualcomm、Apple、Samsung Electronics、MediaTekといった半導体メーカーに対して、CPUのISA(命令セットアーキテクチャ)や、CPUやGPUのデザイン(前者がCortexブランド、後者がMaliブランドとなる)をIPコアとして提供する |
| | | OpenFog | IoTアーキテクチャ | ARM, Cisco, Dell, Intel | フォグコンピューティング、分散（処理）コンピューティング、ネットワーキング、ストレージを含むオープンアーキテクチャの提供 |
| | | Android | スマートフォンOS | Google | アプリベンダーにアプリ実行/配布環境を提供し、その結果googleは、Android端末の普及率を高め、強力な広告媒体を確保できる。 |
| | | AllJoin Framework | OS/通信プロトコル | Allseen Alliance | スマートホーム向け機器ベンダーに対して、アプリケーションフレームワークを提供し、スマートホーム機器の相互連携を可能にする。 |
| | | AUTOSAR | OS仕様(自動車) | AUTOSAR(BMW、ボッシュ等) | 自動車の電子制御ユニット(ECU)の基本ソフトウェア(OS)を提供する。 |
| | ビジネス・プラットフォーム | GE Predix/ DataLake | データ分析・ストア | GE | 140万の医療機器と2万8000基のジェットエンジンを含むアセット（設備や機器）から得られるデータを、業界内・業界横断で運用保守の最適化サービス提供に活用 |
| | | Paypal | デジタル決済 | Paypal | デジタル決済機能以外に、APIを提供し、オンラインショップのカートとの連動、クーポンなどの機能開発を可能にしている。 |
| | | Nest | HEMSデバイス | google | サーモスタットをベースとしたHEMS、ホームオートメーションデバイスで、ユーザによるプログラミングや、デバイスによる自己学習が可能である。 |
| | | Facebook | SNS、API | Facebook | Facebook機能をアプリから利用するためのAPIを提供している。Facebookの投稿データに関する処理、ソーシャルグラフ等の利用などが可能となる。 |
| | | Uber | 需給マッチング | Uber | 自動車配車サービス。利用者と自動車所有者（運転者）のリアルタイム需給マッチングによる遊休資産の有効活用。 |
| | | Pokémon Go | ゲーム | Niantic | Nianticがゲームを無料提供し、マクドナルドなどパートナー企業にゲーム内で、スポンサーがいる位置を“ジム”として提供し、客を店舗に誘導する。 |
| | | iTunes Store | マーケットプレース | Apple | デジタルメディア提供プラットフォームで、音楽、テレビ、動画、アプリケーション等の利用者と提供者のマーケットプレースを提供する。 |

三菱総合研究所作成

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# プラットフォーム戦略における「多面市場」の概念

- 「多面市場」(“Multi-Sided Market”)：　異なる市場の取引が、共通のプラットフォームを通じて、間接的なネットワーク効果を及ぼす状況
- 欧米のIoT企業の中には、異なる市場をターゲットとして、「ネットワーク効果」を効かせて、複数の市場からの利益を最大化する戦略をとる企業が登場




多面市場とプラットフォームの例
商品市場と決済サービスの2つの市場を繋ぐクレジット決済プラットフォーム
（出典:「プラットフォーム理論」（第2回）KDDI総研）

| 事例 | 多面市場 | プラットフォーム |
|---|---|---|
| クレジットカード | 決済サービスと商品の購買 | ペイメントシステム（商店と顧客の銀行） |
| OS | 利用者と開発者 | 基本ソフト |
| 検索エンジン | ユーザ、コンテンツプロバイダー、広告主 | WEBサービス |
| ポケモンGo | ゲームとサイバーリアル空間上の派遣 | スマフォ位置ゲーム |

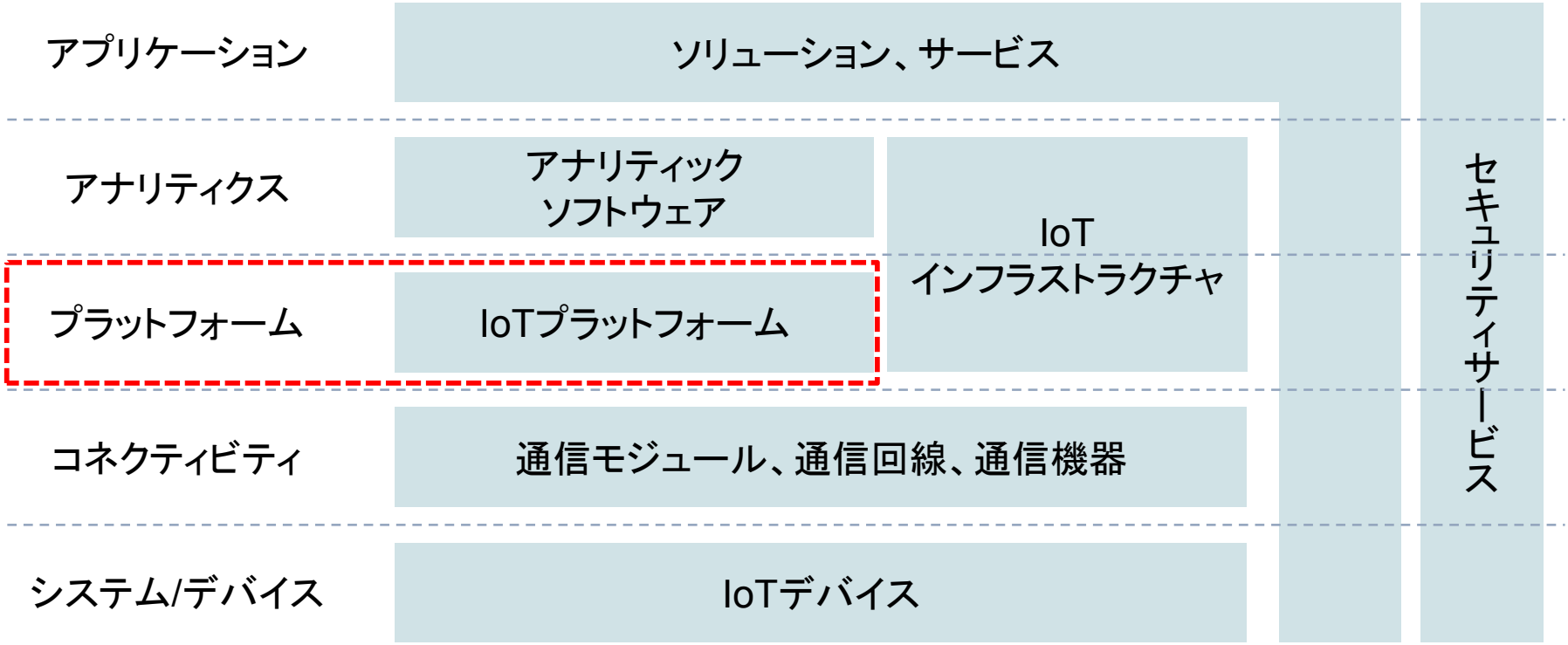
多面市場とプラットフォームの事例

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoTプラットフォームの定義例(1) IDCによるIoTのシステム構成図

- IDCでは、コネクティビティ、アナリティクスの間の階層をIoTプラトットフォームと捉えている。
- IoTプラットフォームは新しい概念であり、既存の通信プラットフォーム（コネクティビティ）とは区別していると考えられる。
- 広義には、IoTプラットフォームは、下位層すべてを用いて実現されるプラットフォームであるため、それらを広義のIoTプラットフォームと呼べる。



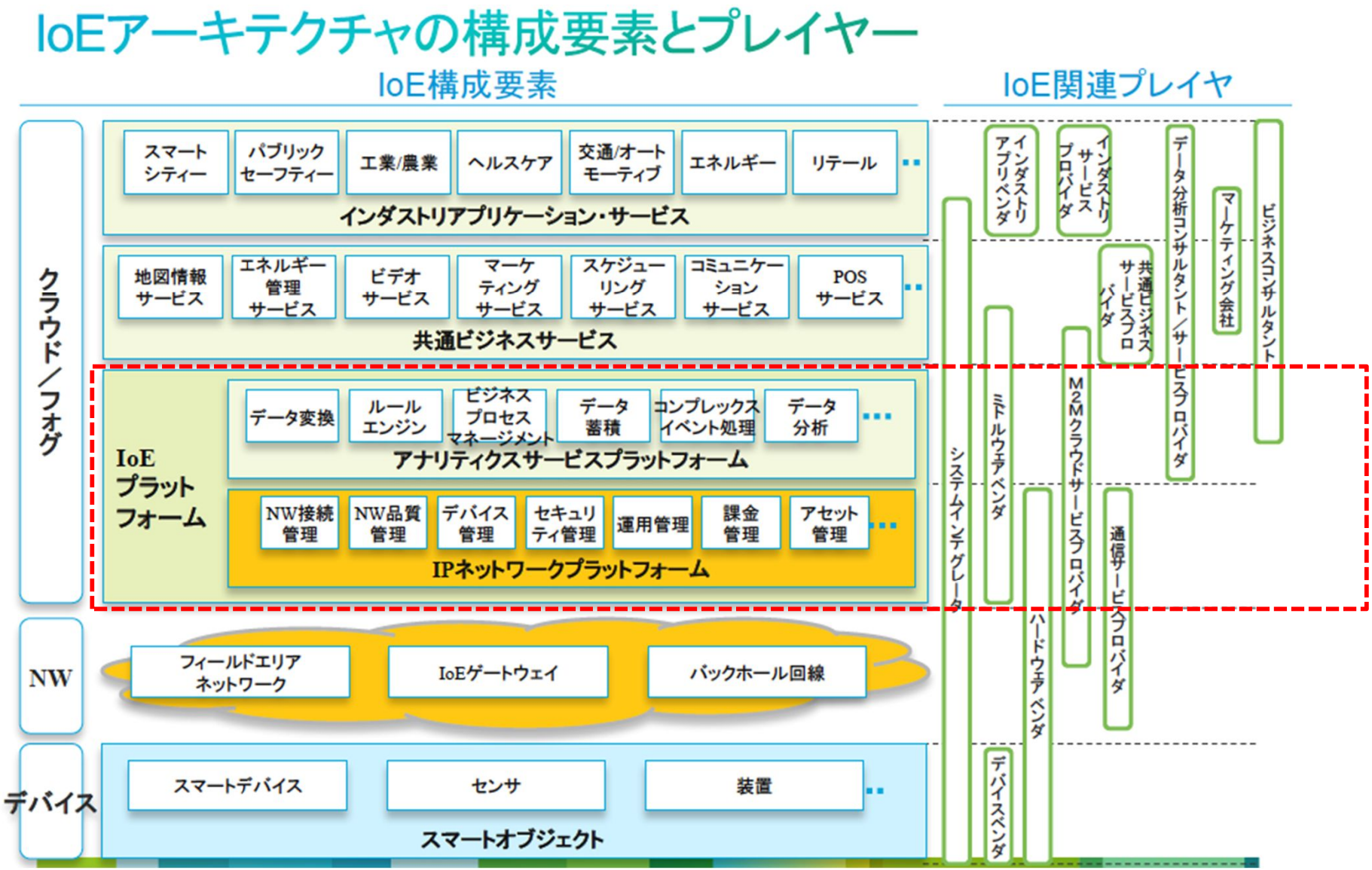

（出所）IDC IoX 市場構成要素図

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoTプラットフォームの定義例(2) CISCOによるIoTプラットフォーム

- IoEプラットフォームを、ネットワークレイヤーの上位層と定義している。



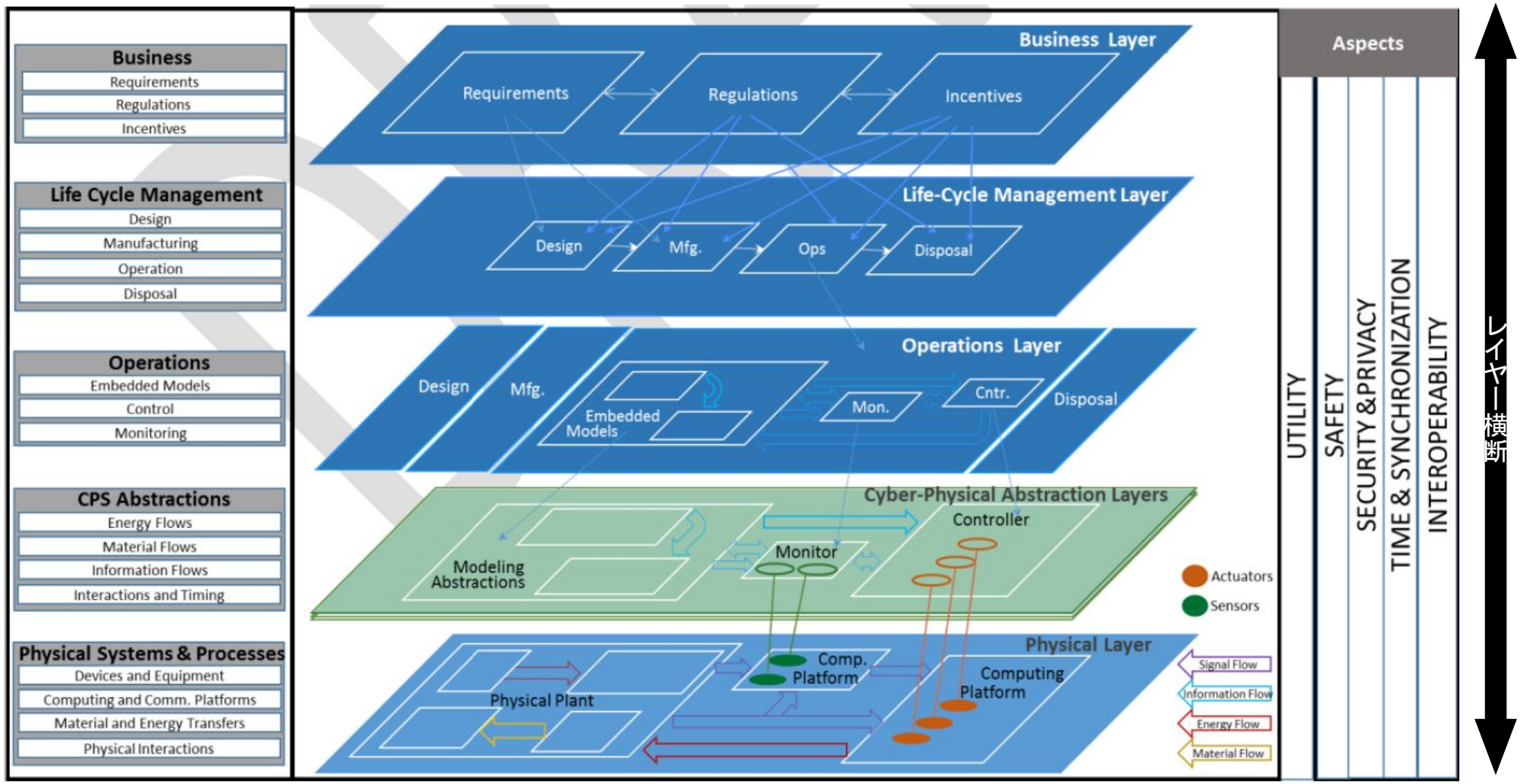

出所）シスコ＆デロイト共同セミナー「IoEによる新たなICTの世界観」

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# IoTプラットフォームの定義例(3) NIST IoT/CPS フレームワーク

- NISTにおいて CPS(cIoT)の関連要素を俯瞰する上位のリファレンスアーキテクチャを検討している。
- 相互に影響するビジネスレイヤー、ライフサイクルマネジメント、オペレーション（運用技術）、抽象化レイヤー（制御モデル等）、物理レイヤーを俯瞰したモデル（ドラフト）を示している。
- 全体を横断する観点として、セーフティ、セキュリティ、プライバシーなどを挙げている。




(出所：Framework for Cyber-Physical Systems, PRELIMINARY DISCUSSION DRAFT)

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

# 2.5 トレンド分析

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# トレンド分析

- 新たなIoTプロトコルの実用化とその影響
  - 5Gによる広帯域・低レイテンシー型アプリケーションとLPWANによる狭帯域ベストエフォート型アプリケーションに適した新たな応用領域が生まれる。
  - 5Gを用いた運転支援、インタラクティブなリッチメディアサービスの広帯域・低レイテンシーアプリケーション
  - SIGFOX, LoRaなどLPWAを用いたフィールド観測(農業等)、広域の人/モノのトラッキング、スマートメータなど狭帯域ベストエフォート型のサービスを提供する大規模バルク契約型事業者の市場の拡大
  - FA(Factory Automation), 産業機器などの膨大なセンサーデータを処理するためのデータと処理の最適分散配置の進展
- AIとビッグデータ分析の技術進展
  - 自動走行、運転支援、ロジスティクス（物流）のために必要となる自動車V2X通信
  - FA, 産業機械におけるオートメーション化、知能化、サプライチェーン連携に係わる事業
  - サービスロボット、パーソナルアシスタントなどコンシューマ向け機器とそれらの接続環境
  - 学習済みデータの取引市場、知財管理ビジネス、ＡＩ同士の協調連携のためのネットワーク基盤
- IoTセキュリティのニーズの高まり
  - 自動車、医療ヘルスケア機器など人命に係わるセーフティ・クリティカルシステムの通信セキュリティを確保する事業
  - ドローン、サービスロボットなど新しいIoT機器のセキュリティを確保する事業
  - ZigBee, Bluetooth, WiFi, WiSUN等の近距離無線通信のセキュリティを確保する製品サービス
  - FA,産業機器等のサプライチェーンのセキュリティを確保する製品・サービス

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

㈱三菱総合研究所2016年度委託調査報告資料より

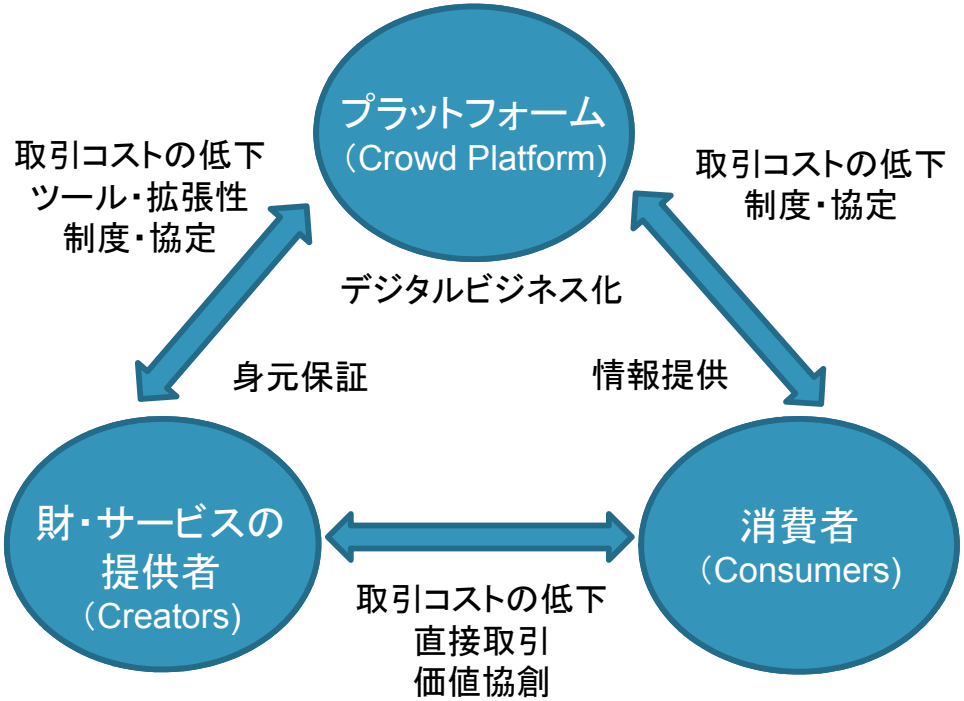
# ３．プラットフォームとシェアリングエコノミー研究会からのトピックス

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 3.1 MSP(Multi-Sided Platform)の動向:デジタル・プラットフォームの役割再定義

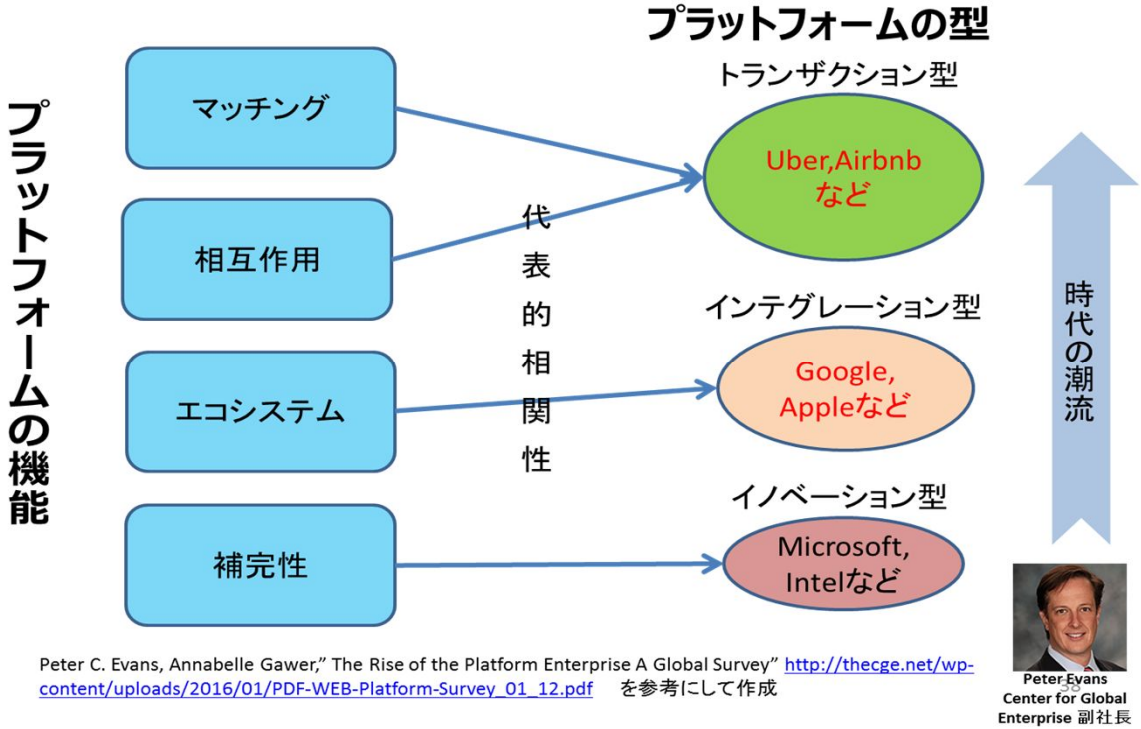
- 技術ナビゲーション2017を検討するために「プラットフォームとシェアリング ・エコノミー研究会」を実施。
- 当該研究会を通じ、ICT業界においても従来のプラットフォームの概念である「階層化された基盤機能（ハード・OS・アプリ）」から「仲介機能（仲介・決済・コミュニケーション）」を含むものへ、概念が拡大していることを認識。
- IoTプラットフォーム検討の観点から、階層から媒介へ拡張するプラットフォームの代表例として、シェアリング・エコノミーとクラウドソーシングを支えるMSP（Multi-Sided Platform）に着目しました。
- 本研究会の結果は、技術ナビゲーション2017における高度化プラットフォームの定義に還流しました。

## MSPの基本モデル（クラウド・ソーシング）




出典：一橋ビジネスレビュー 2016 AUT.を元に作成

## プラットフォームの機能と型




Peter C. Evans, Annabelle Gawer," The Rise of the Platform Enterprise A Global Survey" http://thecge.net/wp-content/uploads/2016/01/PDF-WEB-Platform-Survey_01_12.pdf を参考にして作成

出典：B-frontier研究所　高橋代表講演資料から

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 3.2 「技術ナビゲーション2017」でのIoTプラットフォーム定義

これまでのICTに関するプラットフォームの主な定義や考え方は以下のとおりです。

■ 基本とするプラットフォームの定義
他のプレイヤー（企業、消費者等）が提供する製品・サービス・情報と一緒になって、はじめて価値を持つ製品・サービス（根来、2006）

■ 基盤と階層の考え方
IT業界では「コンピュータ・システムの基盤となるハードウェアあるいはソフトウェア（日経BP、2004）」を指し、「ハードウェア、OS、アプリケーションソフトといった異なる階層の商品が組み合わさることによって機能を果たす（竹田・國領、1996）」という階層化された基盤機能として捉えることが通例。

■ 階層から媒介へ
ポータルサイトの登場以降、プラットフォームの範囲が階層性を持つものから仲介の機能を持つものに拡大し、仲介、決済、コミュニケーション媒介（コミュニティ）を含むものとして捉えられている（富士通総研、2013）

これまでのプラットフォームの進化・拡大を前提に、技術ナビゲーション2017では、IoTプラットフォームを以下のように定義

**■技術ナビゲーション2017におけるIoTプラットフォームの定義**

IoT化によるデジタルデータを活用し、他のプレイヤーが提供する製品、サービス、情報と結合し、価値を増大させる媒介機能を含む基盤やサービス

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 4. 「技術ナビゲーション2017」のまとめ

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 4.1 高度化IoTシステムのPEST分析

社会や経済などの外的環境変化が高度化IoTシステムに及ぼす影響を、PEST分析の手法を使いシンクタンク各社や業界の知見者とのワークショップで議論し、纏めました。

| | 主な環境変化・外的要因 | 高度化IoTシステムへの影響 |
|---|---|---|
| 政治（P） | • データ活用、保護に関する制度改正の動き（プライバシー保護制度(改正個人情報保護法、EUデータ保護規則）、知財制度(5カ国特許庁共同協議)など）<br>• **地域レベルの自由貿易推進（TPP, RCEP等）と保護主義（BREXIT、トランプ米大統領）の対立構造**<br>• 経産省・総務省合同のIoT推進コンソーシアムによる事業創出支援、日米独のIoT国際標準化で提携<br>• モノと情報の関税、軍事転用技術、デュアルユース技術の輸出入規制 | • つながること、継続的にアップグレードされ続けることが前提となる進化型の製品・サービスの一般化<br>• プライバシー保護制度の変化に対応したデータ管理、データアーキテクチャの設計構築が重要<br>• 自律型モビリティ社会を支える運転支援、自動運転に必要な低レイテンシー、リアルタイム処理に適したV2X通信基盤の重要性が増大<br>• **After Internet型ビジネスモデル、IoTエコシステムを支えるプラットフォームが普及**<br>• **Uber, AirB&B等の新しいビジネスモデルを支える技術として、リアルタイムのマーケットを実現するために実世界の構造をサイバー空間で再構築するための実世界ダイナミックマッピングが重要に**<br>• 機器がインテリジェント化することで人とのインターフェースHMI（音声認識、AR/VR等）の重要性が増大すると共に、HMIにつながる通信技術の役割が増す<br>• **産業の民主化、コンシューマ参加型ビジネスモデルを実現する市場が拡大する**<br>• 産業の民主化においては、**情報の信憑性、通信相手の信頼性を評価し確保する仕組みとセットでサービス提供することが期待**<br>• 知能化、オートメーション化が進むデバイスをつなげる市場が拡大する。 |
| 経済（E） | • **シェアリングエコノミーとプラットフォームビジネスの台頭による価値創出と競争力の源泉が変化し、経済・産業モデルを変革**<br>• **After Internet企業（Google, Aamzon, Uber等）の分野横断的なオープン・イノベーションによる競争優位性の顕在化**<br>• インド、ASEAN等のアジアにおける人口ボーナス、アフリカのこれからの潜在成長市場など人口ボリュームゾーンの構造変化 | |
| 社会（S） | • **コンシューマ参加型の価値創造モデルの拡大（産業の民主化）**（クラウドソーシング、クラウドファンディング、ソーシャルメディア等）<br>• 高齢化社会、生産労働人口の減少と自律型モビリティ社会への移行<br>• AIによる雇用補完、雇用代替による雇用構造の変化がもたらす社会的インパクトに関心が高まる。<br>• **インターネットメディアの信頼性、情報の信憑性に関する問題認識の高まり**（キュレーションサイト、SNS情報の信頼性、客観的な事実が重視されず感情的な訴えが影響を与える状況（Post-Truth)の問題認認識） | |
| 技術（T） | • ディープラーニングの技術的ブレークスルーに対する期待の高まり<br>• AR/VR、音声インタフェース、画像認識などつながる世界におけるUXを高める人とモノのインタフェース技術の進歩<br>• **中央管理をしない分散型台帳ブロックチェーン技術の登場**とそれを応用した電子通貨ビットコインの誕生 | |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 4.2 高度化IoTシステムがもたらす社会・経済システムの革新

## 1. 新たな経済モデルが人々の生活を変容させる

After Internet型の経済が「限界費用ゼロ」の世界を拡大させる。希少資源から余剰資源に着目したシェアリング・エコノミーがさらに広がり、人々の価値観や生活様式を変容させていく。

## 2. 高度化IoTシステムがオープンイノベーションを加速させる

高度化IoTシステムはクラウド型プラットフォームの進化形として広がり、あらゆるモノと情報がデジタルに結合することで、新たなサービサーのエコシステムが形成される。
モビリティ通信は交通分野、ロボティックス分野を中心に大きく広がる。

## 3. コンシューマ・ファーストのIoT価値創出モデルが社会を変革する

コンシューマ参加型の価値創出モデルが世の中に変革をもたらしている（Uberなどの媒介サービス、Open Tableなどのサービス共創、Personal Fabricationなどの製造業のサービス産業化）。サービス指向型アプリケーションを支えるプラットフォームでは信頼とプライバシーを階層的に担保する仕組みがビジネスの成否を分ける。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

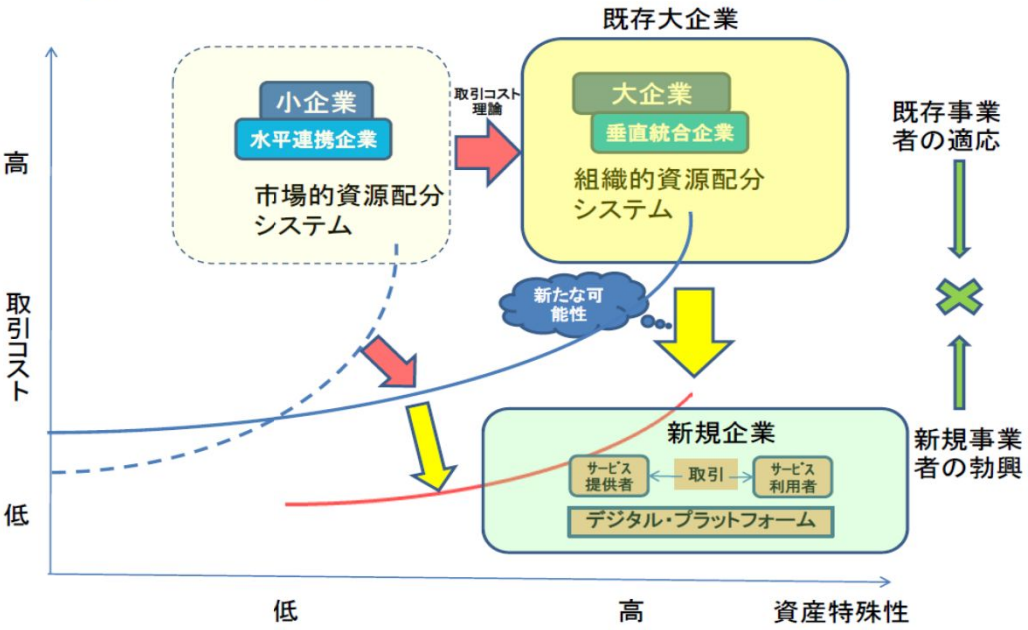
# 4.3 CIAJと会員企業への提言

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

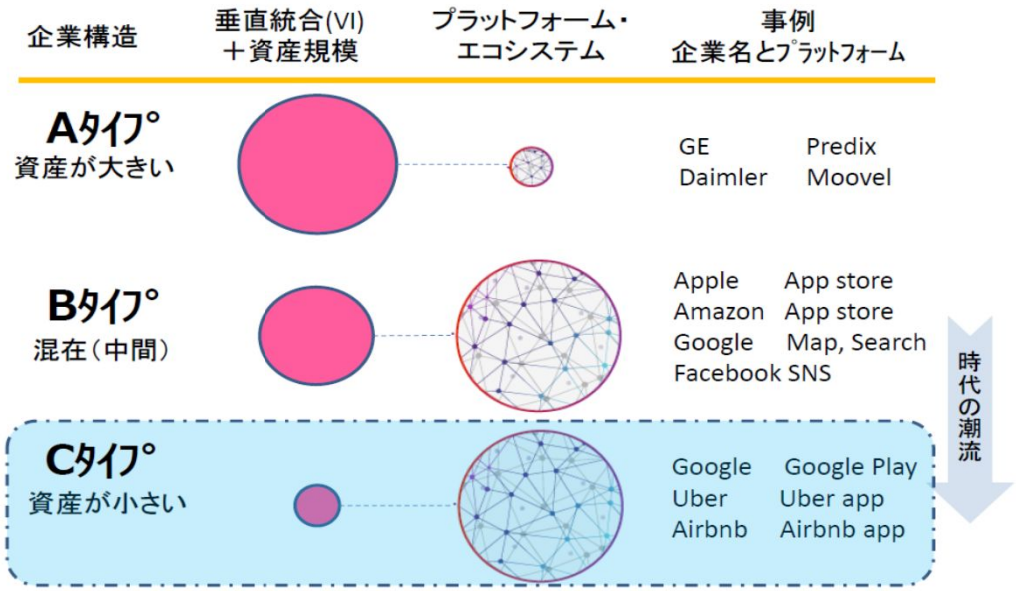
# CIAJと会員企業への提言の背景

- 1948年設立のCIAJ会員企業198社（2016年度）は、殆どが20世紀以前から存在するBefore Internet型の企業であり、その多くは大手企業が占めます。
- Before Internet型企業にとっても、IoTという潮流を捉えた新しい市場やビジネスは既存事業の延長としても存在しますが、既存の事業や既存のビジネスモデルを高度化させる付加価値的な側面が強く、既存事業起点の視野だけではIoT分野で新たなイノベーションを起こすことは容易ではありません。
- しかしながら、IoTプラットフォーマーに象徴されるように、After Internet型の新規企業は従来の競争戦略や経済原理とは異なる経済モデルをグローバルに拡大しており、ここに何らかの手を打つことはCIAJ会員企業にとって、将来の持続的成長を手にするための喫緊の課題です。

## 新たに想定されるビジネス環境




## 企業タイプとプラットフォーム



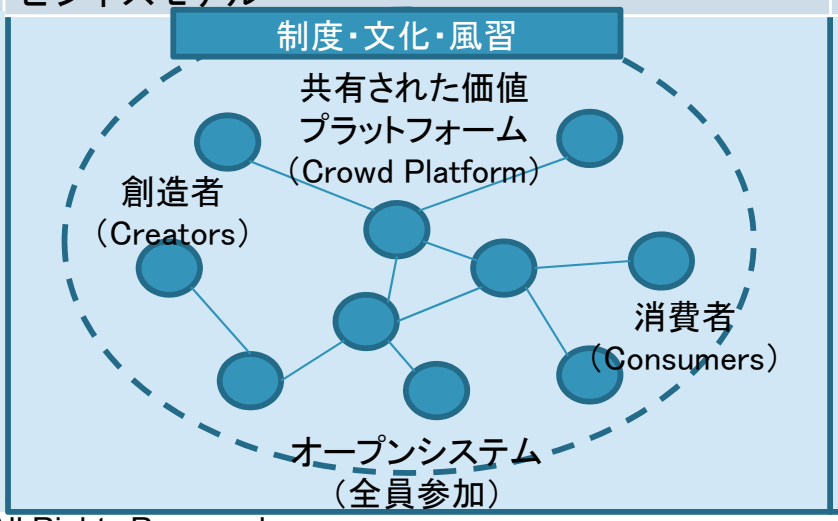
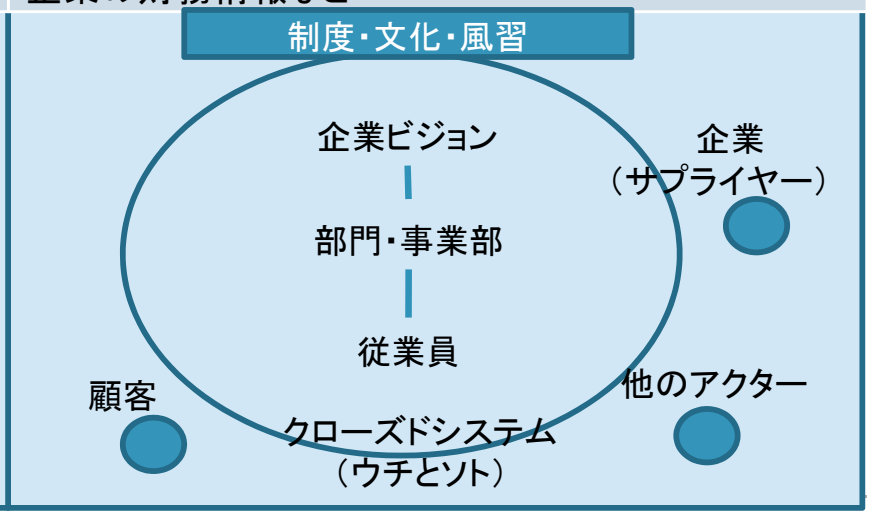

出典：B-frontier研究所高橋代表講演資料

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# CIAJと会員企業への提言

- IoTのエコシステム形成に関する各地域での取組みは、Industrial Internet Consortium（IIC）やIndustrie 4.0などが著名ですが、いずれも共有化された価値を元にした参加者間のオープンな繋がりが基本です。
- 日本政府が進めるIoT推進フォーラムも、この観点からは新たな取組みの「場」として位置づけられます。
- 日本企業も新技術や新市場に対応するM&Aから一歩考えを進め、CIAJをAfter Internet型のような新規企業とのつながりを深めるための「オープンイノベションの場」として活用する、新たな日本型経営モデルの開発へ挑戦することが重要ではないでしょうか。

**After InternetとBefore Internetの企業モデル**

| モデル | After Internet型の新規企業 | Before Internet型の伝統的企業 |
|---|---|---|
| 競争優位 | 0から1を生むための、Agilityと多様性 | 1を99にする取引ｺｽﾄの最適化（内部化、算入障壁） |
| 事業形態 | オープンシステム<br>疎連結ネットワーク<br>TSP（Two-Sided-Platform）<br>MSP（Multi-Sided Platform） | クローズドシステム<br>垂直統合 |
| 構成要素 | プラットフォーム提供者としての企業、創造者（Creators）、消費者（Consumers） | 企業、従業員 |
| 価値共有 | プラットフォーム、知の探索 | 企業のビジョン、知の深化 |
| 分析、評価単位 | ビジネスモデル | 企業の財務情報など |
| 各プレイヤーの位置づけ、繋がりのイメージ |  |  |





Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved


出典：一橋ビジネスレビュー 2016 AUT.を元に加筆

# 5. 編集後記

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 編集後記（1/2）

■ 2016年の出来事

編集後記に際して、2016年という年はどのような年であったかを改めて振り返りました。全世界が着目したイベントとしては、リオ・オリンピック・パラリンピックの開催が上げられます。連日報道された五輪行事も閉会から半年も過ぎると、昨今の時間の流れの速さからは既に過去の出来事感も漂うのが驚きです。日本経済においては、2012年のアベノミクス開始以降続いた円安傾向からの反転や、日銀のマイナス金利導入などがありました。ICT分野では位置情報とAR技術を結合させたポケモンGOの登場などが上げられます。

しかし、何といっても昨年は世界政治に大きな動きがあった年でした。伊勢志摩サミットの開催、米国オバマ大統領の広島訪問、安倍総理大臣のハワイ真珠湾訪問、米国のキューバとの国交回復など、20世紀の歴史を締めくくるような出来事が多数ありました。その中で21世紀を占う新たな動きとして驚きをもって捉えられたのは、英国のEU離脱（BREXIT）や米国のトランプ大統領の誕生でした。

■ CIAJ技術ナビゲーションの進化

2014年に現在の形となった技術ナビゲーションも4年目を迎え、当初は技術キーワードの整理・分析が中心であったものから、技術を切り口とした社会変革への洞察や、CIAJと会員企業への提言を含むものへと進化してきました。人間の感覚はアナログなものなので、歴史的に大きな変革期に直面していても、日常的には連続的な変化と感じていることが多くあります。CIAJの技術の羅針盤として開始した技術ナビゲーションは、CIAJ会員企業が一歩立ち止まり、自社の今後の方向性に思いを巡らすための思考の助けとなることを目指しており、その主目的は当初から不変なものです。

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 編集後記（2/2）

■ 21世紀の産業構造と日本の経営

2016年の世界の政治・経済の出来事を振り返るに、大きな意味で20世紀型の産業構造が現在では変貌を遂げつつあるのが明らかです。20世紀に起きたエネルギー革命以降、交通や通信インフラに支えられ大量な生産物をグローバルに販売するモデルが変貌を遂げつつあります。21世紀における経済や競争戦略では、新たな次元でのICT活用が既に前提となっています。そのための高度化IoTシステムを考察する上で、技術ナビゲーション2017では「After InternetとBefore Internet」という対比構造を使った問題提起を行いました。

日本は1990年前半のバブル経済の崩壊後、20年以上も世界経済の成長から取り残されています。かつて、ジェームズ・アベグレンが「日本の経営」研究の中で指摘し、OECD対日労働報告書で取り上げられた三種の神器（企業別組合、終身雇用、年功序列）も、21世紀における日本経営の強みにはならず寧ろ重荷となっている現状があります。本来、大きな将来ビジョンを示すべき役割の政治が内向きな視野狭窄に陥る中でも、高度化IoTシステムはAfter Internetの世界で確実に進行して行きます。CIAJと会員企業は早急に新たな日本経営の強みを生み出す必要に迫られています。

2017年4月
技術企画部会　部会長
中村　利光

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

# 「技術ナビゲーション2017」検討作業メンバー

## 技術企画部会 委員名簿

（敬称略・五十音順）　　2017年 3月31日現在

| | 会　社　名 | 氏　　名 | 所　属 |
|---|---|---|---|
| 1 | アンリツ㈱ | 論手　素直 | 技術本部　先進技術開発センター |
| 2 | 岩崎通信機㈱ | 鈴木　正規 | ICTビジネス本部　NTT技術部 |
| 3 | 沖電気工業㈱（副部会長） | 鎌田　史隆 | 情報通信事業本部企画管理部 |
| 4 | サクサ㈱ | 水谷　肇 | 開発本部　技術企画部 |
| 5 | シャープ㈱ | 浜口　泰弘 | 研究開発事業本部　通信・映像技術研究所 |
| 6 | ㈱東　芝 | 井上　良彦 | 産業政策渉外室 |
| 7 | ㈱東　芝 | 樋口　忠宏 | 産業政策渉外室 |
| 8 | ㈱ナカヨ | 押之見 章彦 | 営業統括本部　営業企画室　新規事業開拓G |
| 9 | 日本電気㈱（副部会長） | 鈴木　晃二 | テレコムキャリアビジネスユニット |
| 10 | パナソニック㈱ | 佐々木 博之 | 渉外本部　渉外部 |
| 11 | ㈱日立製作所 | 植野　船首 | ICT事業統括本部　経営戦略統括本部　渉外本部 |
| 12 | 富士通㈱（部会長） | 中村　利光 | ネットワークビジネス戦略室 |
| 13 | 三菱電機㈱ | 牧野　真也 | 通信システムエンジニアリングセンター |

| | | |
|---|---|---|
| 事務局 | 今井　正道 | 一般社団法人　情報通信ネットワーク産業協会 |
| | 土田　充 | 一般社団法人　情報通信ネットワーク産業協会 |
| | 宮守　良夫 | 一般社団法人　情報通信ネットワーク産業協会 |

Copyright (C) 2017 CIAJ All Rights Reserved

技術ナビゲーション2017

一般社団法人　情報通信ネットワーク産業協会
〒105-0013　東京都港区浜松町2－2－12
JEI浜松町ビル3階
電　話　03-5403-9357
FAX　03-5403-9360

本書の一部又は全部の無断掲載、複写(コピー)を禁じます。
転載・複写に関する許諾は情報通信ネットワーク産業協会へ
お問合せください。

Copyright 2011-2017 Communication and Information network Association of Japan. All Rights Reserved.